

UNIVERSIDAD CARLOS III MADRID
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR



TRABAJO FIN DE GRADO

**Determinación de la tensión
superficial de adhesivos antes
y después del curado.**

**Departamento de Ciencia e Ingeniería de Materiales e
Ingeniería Química.**

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales.

AUTOR: Belén Espejo Espada
TUTOR: Miguel Ángel Martínez Casanova
Octubre, 2015

AGRADECIMIENTOS

Al Departamento de Materiales, por el trabajo y el buen equipo que forman, en especial a Miguel Ángel, mi tutor, por la paciencia y confianza que ha depositado en mí para llevar a cabo este proyecto.

A mi familia, porque sin ellos no hubiera dado ni un solo paso en este camino. Gracias mamá, papá, hermana y sobre todo gracias abuela, esto y todo lo que me queda irá siempre por ti.

Gracias a los que empezaron siendo compañeros y terminan siendo grandes amigos. Por el apoyo, las lecciones, todos los momentos y viajes compartidos, que seguro serán muchos más. Ellos son la verdadera recompensa a tanto esfuerzo.

Por último, gracias a los que desde lejos han sido imprescindibles para no rendirme
nunca

RESUMEN

La finalidad de este proyecto consiste en llevar a cabo un análisis, desde un punto de vista energético, del curado de los adhesivos.

Se pretende unificar la evolución del proceso de polimerización característico de una serie de adhesivos con la evolución de los valores correspondientes a la tensión superficial. Para ello se va a utilizar una serie de métodos aplicables en la determinación de esta propiedad en los líquidos y algunos sólidos.

No se busca obtener datos experimentales exactos, sino comprobar la correlación que se produce en la polimerización, para así llegar a obtener conclusiones que nos permitan utilizar valores de tensión superficial en la modificación, producción, mejora y desarrollo de los adhesivos.

El análisis se desarrollará en distintos adhesivos, cada uno de ellos con un tipo de curado distinto, para verificar que independientemente del proceso que desarrollen, exista relación en la evolución del proceso.

ABSTRACT

The purpose of this project is to carry out an analysis, from an energy standpoint, of the curing adhesives process.

It is intended to unify the characteristic evolution of the polymerization process of a range of adhesives with the corresponding surface tension values. To do this, we will use a number of methods applicable in the determination of this property in liquids and some solids.

The main goal is not to obtain accurate experimental data, but to check the correlation that occurs in the polymerization, in order to reach conclusions which will lead us to use surface tension values in the modification, production, improvement and development of adhesives.

The analysis is performed on different adhesives, each with different curing type, to verify that regardless of the process to develop, there is a relationship in the process evolution.

INDICE GENERAL

1.	INTRODUCCIÓN	0
1.1	OBJETIVOS Y METODOLOGÍA	1
1.2	PLANIFICACIÓN	2
2.	MEMORIA DESCRIPTIVA.....	4
2.1	INTRODUCCIÓN	5
2.2	SUPERFICIES E INTERFACES.....	6
2.3	ENERGÍA SUPERFICIAL	7
2.4	TENSION SUPERFICIAL	8
2.4.1	PROPIEDADES DE LA TENSION SUPERFICIAL.....	9
2.4.2	EJEMPLOS DE TENSIONES SUPERFICIALES	10
2.4.3	LA CAPILARIDAD	10
2.5	MOJABILIDAD Y ÁNGULOS DE CONTACTO.....	11
2.6	CURADO DE LOS ADHESIVOS.	15
2.6.1	INTRODUCCIÓN	15
2.6.2	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS ADHESIVOS.....	16
2.6.3	PROCESO DE CURADO.....	17
2.7	MÉTODOS PARA LA MEDICIÓN DE LA TENSION SUPERFICIAL.....	24
2.7.1	MÉTODOS BASADOS EN LA MEDIDA DE UNA FUERZA	25
2.7.2	MÉTODOS BASADOS EN LA MEDIDA DE UNA PRESIÓN	28
2.7.3	MÉTODOS BASADOS EN UNA DEFORMACIÓN O EN MEDIDAS GEOMÉTRICAS	32
3.	MEMORIA EXPERIMENTAL.....	36
3.1	MATERIALES UTILIZADOS.....	37
3.1.1	LÍQUIDOS	37
3.1.2	ADHESIVOS	39
3.2	PROCESO EXPERIMENTAL	43
3.2.1	INTRODUCCION	43
3.2.2	MÉTODO DEL ANILLO	44
3.2.3	MÉTODO DE LA GOTA COLOCADA (Sessile drop)	54

4.	CONCLUSIONES	63
4.1	CONCLUSIONES	64
4.2	TRABAJOS FUTUROS	65
	BIBLIOGRAFÍA.....	66
	ANEXO 1. TABLAS RESULTADOS	68
	A.1 MÉTODO DEL ANILLO	69
	A.2 MÉTODO DE LA GOTA COLOCADA	72
	ANEXO 2. FICHAS TÉCNICAS ADHESIVOS.....	74

INDICE FIGURAS

Figura 1 Ejemplos de fenómenos asociados a la tensión superficial.....	5
Figura 2 Fuerzas ejercidas sobre una molécula interior o exterior.....	8
Figura 3 Capilaridad en diferentes líquidos.....	11
Figura 4 Investigaciones aplicadas a la nanotecnología y basadas en el concepto de mojabilidad.	12
Figura 5 Equilibrio en la interfase superficie-gota.	13
Figura 6 Formación de una unión adhesiva.	15
Figura 7 Reacciones de polimerización de las siliconas.....	18
Figura 8 Reacciones de polimerización de los poliuretanos.....	21
Figura 9 Reacciones de polimerización de metil cianocrilato.	22
Figura 10 Reacciones de polimerización de los epoxis.	24
Figura 11 Perfiles y equipo asociado al método del anillo.....	26
Figura 12 Proceso asociado al método de la placa.	26
Figura 13 Detalle de fuerzas aplicadas en la placa.	27
Figura 14 Método del estribo y de la barra vertical.....	28
Figura 15 Método del ascenso capilar.	30
Figura 16 Desarrollo de perfiles de gota.	31
Figura 17 Diámetros asociados a la gota.	33
Figura 18 Estructura de la gota depositada en la superficie.	34
Figura 19 Goniómetro digital.	35
Figura 20 Silicona Scotch-Weld SC6152.....	40
Figura 21 Sikaflex 252.	41
Figura 22 Loctite 270.	41
Figura 23 Super Ceys.	42
Figura 24 Araldite bicomponente.	43
Figura 25 Equipo método del anillo.	44
Figura 26 Equipo método de la cota colocada.....	55
Figura 27 Ejemplos de perfiles de gota analizados en el ensayo.....	56

INDICE TABLAS

Tabla 1. Cronograma del proyecto.	3
Tabla 2. Clasificación de superficies.	6
Tabla 3 Tensión superficial en líquidos comunes.	10
Tabla 4 Clasificación de los métodos de medida de la tensión superficial.	24
Tabla 5 Tensión superficial real de líquidos utilizados en la calibración.....	45
Tabla 6 Valores de tensión superficial experimental método del anillo.....	46
Tabla 7 Resultados del análisis Loctite 270.	50
Tabla 8 Resultados del análisis Super Ceys.	51
Tabla 9 Resultados del análisis Araldite rápido (Resina).....	53
Tabla 10 Resultados del análisis Araldite rápido (Endurecedor).	53
Tabla 11 Ángulos de contacto correspondientes a silicona Scotch-Weld SC 6152.	57
Tabla 12 Ángulos de contacto correspondientes a poliuretano Sikaflex 252.....	59
Tabla 13 Valores de tensión superficial Araldite rápido por el método de la gota colocada.	61
Tabla 14 Valores de tensión superficial Araldite rápido aplicando la recta de calibración.	61
Tabla 15 Tensiones experimentales de líquidos por el método del anillo.....	69
Tabla 16 Comparativa de tensiones reales y experimentales de líquidos.....	69
Tabla 17 Fuerzas obtenidas por el método del anillo Loctite 270.....	69
Tabla 18 Evolución tensión superficial Loctite 270.....	70
Tabla 19 Fuerzas obtenidas por el método del anillo Super Ceys.....	70
Tabla 20 Evolución tensión superficial Super Ceys.....	70
Tabla 21 Evolución tensión superficial Araldite rápido (Resina).	71
Tabla 22 Evolución tensión superficial Araldite rápido (Endurecedor).....	71
Tabla 23 Ángulos de contacto correspondientes a silicona Scotch-Weld SC6125.	72
Tabla 24 Evolución tensión superficial silicona Scotch-Weld SC6125.....	72
Tabla 25 Ángulos de contacto correspondientes a poliuretano Sikaflex.....	72
Tabla 26 Evolución tensión superficial poliuretano Sikaflex.....	73
Tabla 27 Evolución tensión superficial Araldite (bicomponente).....	73
Tabla 28 Comparativa tensión superficial Araldite rápido (bicomponente) por método gota y método anillo.	73

INDICE GRÁFICOS

Gráfico 1 Recta de calibración del método del anillo.	47
Gráfico 2 Evolución tensión superficial Loctite 270.....	49
Gráfico 3 Evolución tensión superficial Super Ceys.....	51
Gráfico 4 Evolución tensión superficial silicona Scotch-Weld SC6152.....	58
Gráfico 5 Evolución tensión superficial poliuretano Sikaflex 252.....	59
Gráfico 6 Comparativa evolución Araldite resina, endurecedor y bicomponente.	62

1. INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

El presente proyecto tiene como objetivo el análisis de la tensión superficial durante el proceso de polimerización de adhesivos con distinto tipo de curado.

Para llevar a cabo el ensayo, se procederá en primer lugar a analizar los distintos métodos que permiten obtener la energía superficial de los materiales, en concreto, en este análisis se utilizarán dos de ellos, el método del anillo y el método de la gota colocada.

Para el método de la gota colocada, se utilizará el equipo del goniómetro, donde los datos serán tratados de forma automática mediante un programa asociado a dicho equipo.

En cambio, en el método del anillo será necesario realizar una calibración previa del equipo ya que no ha sido utilizado anteriormente y se requiere de un factor de corrección para obtener los resultados.

Los adhesivos estudiados van a caracterizarse por poseer cada uno de ellos un proceso de polimerización distinto, necesitando condiciones ambientales totalmente distintas, para así comprobar si el valor de la tensión superficial y la evolución del curado presentan algún tipo de relación.

Una vez realizado los estudios, se llevará a cabo una comparación de los resultados obtenidos con los datos proporcionados por la ficha técnica de cada adhesivo, que junto a las condiciones necesarias que se conocen para que cada tipo de adhesivo cure, permitirá conocer la evolución y relación de la tensión superficial con la polimerización del adhesivo.

Debido al gran desarrollo así como el alto nivel de consumo de los adhesivos dentro de la industria, nace la necesidad de seguir impulsando la investigación sobre ellos. Como finalidad a nivel académico, este proyecto pretende obtener resultados que permitan la modificación de los valores de la tensión superficial para lograr mejoras en el curado, en la capacidad de adhesión así como en la durabilidad de la unión adhesiva.

1.2 PLANIFICACIÓN

Para entender la planificación de este proyecto, se debe tener en cuenta que se trata de un trabajo experimental, por lo que ésta se ha dividido en dos bloques principales, al igual que ocurre con la presente memoria, una parte teórica y otra parte práctica.

Inicialmente se llevó a cabo el estudio teórico del concepto de tensión superficial, abarcando desde su definición hasta los métodos aplicados para su obtención. Después se comenzaron los ensayos en el laboratorio, grabando y creándose a la vez tablas en las que se recogieron los datos obtenidos para comprobar si presentaban coherencia y era posible obtener conclusiones sobre ellos. Finalmente se procedió a realizar la memoria final del proyecto, estudiando a fondo cada resultado elaborando las conclusiones que más adelante se podrán leer.

En total se puede aproximar a 400 las horas de trabajo empleadas en la realización de este trabajo (horas de experimentación y de elaboración de memoria). En la tabla 1 se muestra de forma desglosada las horas aproximadas asociadas a cada actividad.

En cuanto al marco económico, no se considera necesario desarrollar un presupuesto completo del presente proyecto, ya que su finalidad no está enfocada hacia ningún cliente ni venta, ni tampoco abarca ningún tipo de implantación futura. Únicamente se tendrá en cuenta una pequeña estimación sobre los materiales utilizados y con un peso más importante, el gasto ocasionado por el trabajo ejercido en el laboratorio por parte de un ingeniero.

Suponiendo que el sueldo medio de un ingeniero se encuentra entre 18000 € y 240000 €/año, y que las horas que pueden atribuirse como trabajo de laboratorio (eliminando los tiempos de redacción de la memoria descriptiva y la búsqueda de información) son aproximadamente de 240 horas, se puede atribuir a este trabajo un gasto de **2.380 €**.

Los gastos materiales se atribuyen principalmente a los adhesivos empleados, cuyos precios hacen un total aproximado de **95 €**, también se deben tener en cuenta otros materiales como probetas, productos de limpieza, líquidos, paletas, agujas...etc.

Como resultado de todos estos gastos, se puede establecer un presupuesto próximo a **2560 €**.

ACTIVIDAD DESARROLLADA	DURACIÓN APROXIMADA (horas)
Estudio previo y búsqueda de información	20
Elección de los adhesivos a analizar	5
Estructuración de la memoria	7
Realización de tareas de documentación	60
Redacción de la introducción	5
Redacción de la memoria descriptiva	50
Análisis silicona	6,5
- Preparación de las muestras	1
- Medida de la tensión superficial	2,5
- Creación tabla y gráficos + Conclusiones	3
Análisis poliuretano	6,5
- Preparación de las muestras	1
- Medida de la tensión superficial	2,5
- Creación tabla y gráficos + Conclusiones	3
Calibración método del anillo	29
- Estudio del método	5
- Prueba con líquidos	7
- Repetición de prueba	6
- Realización recta de calibración y validación	8
Análisis anaeróbico	27,5
- Preparación de las muestras	0,5
- Medida de la tensión superficial	24
- Creación tabla y gráficos + Conclusiones	3
Análisis cianocrilato	5
- Preparación de las muestras	0,5
- Medida de la tensión superficial	1,5
- Creación tabla y gráficos + Conclusiones	3
Análisis epoxi (método gota)	5
- Preparación de las muestras	0,5
- Medida de la tensión superficial	1,5
- Creación tabla y gráficos + Conclusiones	3
Análisis epoxi (método anillo)	51,5
- Preparación de las muestras	0,5
- Medida de la tensión superficial	48
- Creación tabla y gráficos + Conclusiones	3
Redacción de la memoria experimental	90
Redacción de las conclusiones y futuros trabajos	8
Corrección de la memoria final	25
TOTAL	401

Tabla 1. Cronograma del proyecto.

2. MEMORIA DESCRIPTIVA

2.1 INTRODUCCIÓN

Existen un gran número de fenómenos evidentes en nuestro día a día asociados directamente con las superficies de los sólidos y los líquidos y sus características.

Para el conocimiento exacto de los materiales, así como de las interacciones de éstos con el medio o sustancias que les rodean, es necesario el estudio de sus superficies, cosa que habitualmente se pasa por alto, al no ser conscientes de su importancia. El ámbito en el cual la influencia de estos conocimientos es tangible abarca procesos de recubrimientos, tan necesarios para prevenir la corrosión en muchos casos y proteger al material del ambiente que le rodea, hasta los tratamientos superficiales, imprescindibles por ejemplo para que se produzca una correcta adhesión entre dos sustratos.

Además, el estudio y conocimiento de las características de las superficies pueden dar respuesta a fenómenos cotidianos tales como la razón por la cual un mosquito es capaz de apoyarse y andar sobre la superficie de agua, la esfericidad que presentan las pompas de jabón, la dificultad que requiere unir las partículas de mercurio al romperse un termómetro...etc.



Figura 1 Ejemplos de fenómenos asociados a la tensión superficial.

2.2 SUPERFICIES E INTERFACES

Según el diccionario de la Real Academia Española (RAE), podemos definir una superficie como **“Límite o término de un cuerpo, que lo separa y distingue de lo que no es él”**, es decir, se considera superficie a la región que separa un material o sustancia de otros, pero hay que tener en cuenta que tal y como sucede en la mayoría de los estudios científicos, sobre todo los relacionados con la ciencia de los materiales, existen diferencias si estos se llevan a cabo a nivel microscópico o macroscópico.

A nivel macroscópico, una superficie posee una apariencia de región sin espesor ninguno; como por ejemplo ocurre en los materiales líquidos que aparentemente son continuos, pero realmente, si se estudia microscópicamente, las superficies son regiones dotadas de un cierto espesor. Para diferenciar la consideración de espesor o no, se denomina interfaces cuando se incide en el concepto de frontera entre dos sustancias (región con espesor) y superficie cuando únicamente el estudio se centra en las características y propiedades del material (región sin espesor).

Toda característica o propiedad referente a cualquier superficie, va a depender directamente del material o materiales que la forman. Existen multitud de clasificaciones posibles debidos a la gran diversidad de sustancias en la naturaleza, aun así la forma más intuitiva de clasificar estas interfaces es por las tres formas clásicas en las que la materia se presenta en la naturaleza: sólido, líquido y gas. En la tabla 2 se agrupa este tipo de clasificación

MEDIOS	TIPO	EJEMPLO
gas-gas	Inexistente	CO ₂ y aire
líquido-líquido (miscibles)	Inexistente	Agua y vino
Líquido-líquido(no miscibles)	Flexible	Agua y aceite
sólido-sólido	Fija	Recubrimiento
Gas-sólido	Rígida	Exterior de un coche
Gas-líquido	Flexible	Superficie del mar
Líquido-sólido	Rígida	Fondo de un vaso lleno

Tabla 2. Clasificación de superficies.

2.3 ENERGÍA SUPERFICIAL

La existencia o formación de una superficie se valora algo desfavorable. Esto se debe a que cualquier cuerpo tiende a disminuir en la medida de lo posible su extensión, ya que la creación de superficie constituye un coste energético.

Este coste energético asociado a la creación de superficies conlleva a que exista una dependencia entre las propiedades del material con su tamaño, debido a la influencia entre los fenómenos relativos a las áreas y los volúmenes implicados en el sistema. Esto se puede observar por ejemplo al añadir aceite sobre una superficie de agua. Además de que las gotas van a situarse en la superficie del agua, se puede observar como a medida que pasa el tiempo, las gotas de aceite tienden a unirse formando una única gota. Esto es, la cantidad de área interfacial aceite-agua es menor si la cantidad de aceite forma una única gota que si la forman múltiples.

La energía superficial puede definirse como la **energía necesaria para romper los enlaces intermoleculares que dan lugar a una superficie**. Esta densidad superficial de energía se simboliza con la letra σ y sus unidades en el Sistema Internacional son J/m^2 (cuando se habla de energía interfacial se debe indicar con subíndices los sustratos implicados en la misma, por ejemplo para hablar de la energía interfacial del material A y B, se utilizará σ_{AB}).

También se puede definir la energía superficial como una gran cantidad de energía existente en la superficie de un material, si se compara con la que existiría si dicha superficie estuviera inmersa en la masa. Esto se debe a que las superficies son menos favorables que la masa en sí, es decir, debe existir una fuerza que genere la propia superficie

Observando la estructura que los átomos toman en la materia, se puede advertir que la existencia de las fuerzas de atracción y repulsión que los rodean genera una disposición perfecta, totalmente ordenada. Esto ocurre en todo el volumen del sólido excepto en su superficie, en esta zona existe un desequilibrio de fuerzas al encontrarse liberada en su zona superior. Este desequilibrio va a ser la causa de la aparición de la denominada energía superficial.

Como consecuencia de todo lo anteriormente explicado, se puede afirmar que la energía superficial va a depender fundamentalmente del tipo de enlace que exista entre los átomos, por ello va a ser mayor en los materiales cerámicos, algo menor en los metales y aún más pequeña en los materiales orgánicos.

2.4 Tensión SUPERFICIAL

La fuerza por unidad de superficie generada por la resistencia de las superficies a aumentar su extensión se denomina tensión superficial. Se puede considerar como un concepto análogo a la energía superficial, sobre todo si se habla de líquidos, caso en el que es más preciso hablar de tensión que de energía.

Esta fuerza por unidad de longitud es tangencial a la superficie y tiende a reducir su expansión, se simboliza habitualmente con la letra griega γ y sus unidades en el Sistema Internacional son N/m.

Desde un punto de vista microscópico, la tensión superficial es el resultado de las diferencias existentes entre las fuerzas que afectan a la molécula de un líquido dependiendo de si estas se encuentran en la superficie o en el interior.

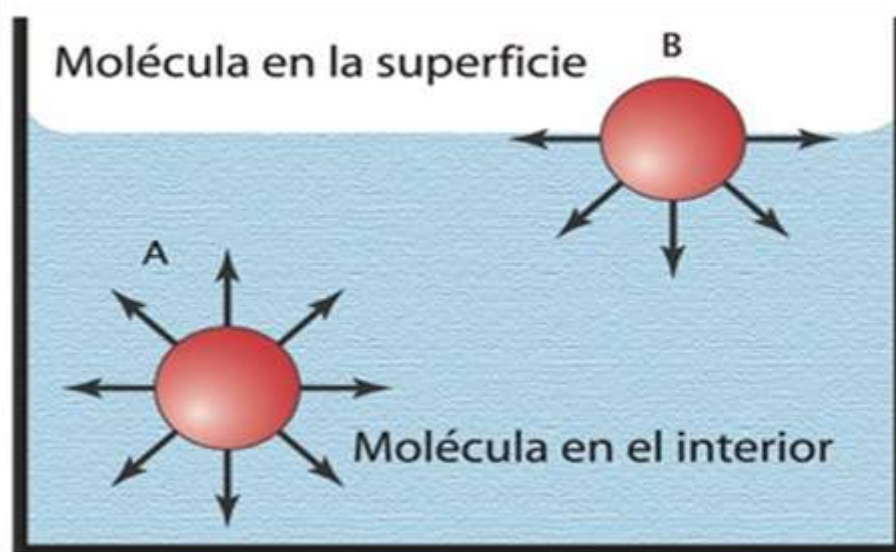


Figura 2 Fuerzas ejercidas sobre una molécula interior o exterior.

Tal y como se muestra en la figura 2, cualquier molécula situada en el seno de un líquido va a estar sometida a fuerzas de atracción que en promedio se anulan, ocasionando que la energía que posea sea bastante baja. En cambio. Cuando la molécula está situada en la superficie, las fuerzas a las que está sometida no van a ser compensadas unas por otras, si no que va a poseer una fuerza neta hacia el interior del líquido.

2.4.1 PROPIEDADES DE LA TENSION SUPERFICIAL.

Como se ha explicado anteriormente, las moléculas situadas en el interior del fluido, son atraídas por igual en todas las direcciones debido a sus moléculas vecinas y por tanto están en equilibrio. En cambio las moléculas de la superficie no presentan este equilibrio ya que son atraídas más por las moléculas internas que por los gases de la atmosfera en la que se encuentran o el material que está en contacto con la superficie.

Las principales propiedades de la tensión superficial se recogen a continuación:

1. Si se traza una línea cualquiera sobre la superficie del líquido, la fuerza superficial normal a esta línea por unidad de longitud es la tensión superficial:

$$\sigma = \frac{\partial F}{\partial L}$$

(Siendo F la resultante de las fuerzas y L la longitud sobre la que se genera).

Las unidades de esta tensión son $\text{N/m} = \text{J/m}^2$.

2. Siempre va a tener valor positivo ya que al llevar moléculas a la superficie aumenta la energía del sistema.
3. Depende de la naturaleza de las dos fases que están puestas en contacto que normalmente será líquido-sólido o gas-sólido.
4. Depende de las fuerzas intermoleculares en el seno del líquido. Cuanto mayor sean las fuerzas de cohesión del líquido, mayor será su tensión superficial.
5. Disminuye con la temperatura por el aumento de la agitación térmica que provoca un descenso entre las fuerzas intermoleculares.
6. El valor de la tensión superficial tenderá a cero conforme la temperatura se aproxime a la temperatura crítica del compuesto. Aquí el líquido es indistinguible del vapor y por lo tanto se formará una fase continua donde no existe una superficie definida entre ambos.

2.4.2 EJEMPLOS DE TENSIONES SUPERFICIALES

En la tabla que aparece a continuación se muestran los valores de tensión superficial correspondiente a líquidos comunes, con ella se podrá comparar los valores teóricos con los prácticos que se utilizarán en el proceso experimental:

LÍQUIDO	TENSIÓN SUPERFICIAL (mN/m)
Agua	72.8
Acetona	23.7
Benceno	28.9
Acido acético	27.8
Glicerol	63.4
Pentanodiol	43.3
Etanol	22.3
Aceite de oliva	33.1

Tabla 3. Tensión superficial en líquidos comunes.

2.4.3 LA CAPILARIDAD

Otro concepto derivado de la tensión superficial es la denominada capilaridad. Todo líquido posee una tensión superficial como consecuencia de las fuerzas intermoleculares (fuerzas de cohesión del propio líquido); esto junto a las fuerzas que se dan entre el propio líquido y la superficie del sólido con el que esté en contacto dan lugar a este fenómeno.

La capilaridad puede definirse como una **propiedad en virtud de la cual la superficie libre de un líquido puesto en contacto con un sólido sube o baja en las proximidades de éste, según el líquido lo moje o no**; sus efectos son especialmente aparentes en el interior de los tubos capilares o entre dos láminas muy próximas.

Cuando un líquido sube por un tubo capilar, es debido a que la fuerza intermolecular (o cohesión intermolecular) entre sus moléculas es menor a la adhesión del líquido con el material del tubo (es decir, es un líquido que moja). Un claro ejemplo puede observarse en la figura 3, en la que se aprecia como cuando el líquido, en este caso agua, moja al sólido, vidrio, adopta una forma cóncava, en cambio si no llega a mojarlo como en el caso del mercurio la forma tomada es convexa.

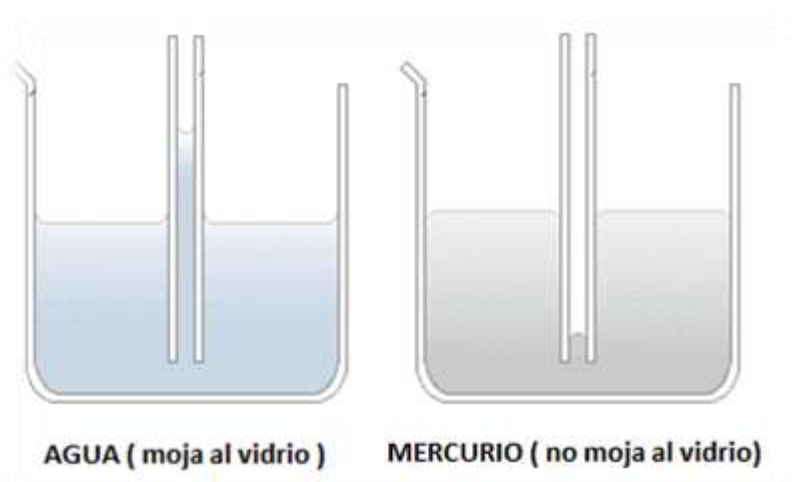


Figura 3 Capilaridad en diferentes líquidos.

Estos efectos son pequeños y casi inapreciables, pero en cambio son de gran importancia y resultan muy útiles en la práctica. De forma general, se puede afirmar que la mojabilidad es el resultado de las interacciones eléctricas entre las moléculas de distintos materiales y las moléculas de los fluidos. Cuando el líquido moja al objeto, las fuerzas son atractivas, en cambio cuando no es así las fuerzas son repulsivas.

En la superficie de los líquidos, estas fuerzas se presentan con mayor intensidad que en el interior, produciendo lo que en el apartado anterior se ha explicado, la tensión superficial.

2.5 MOJABILIDAD Y ÁNGULOS DE CONTACTO.

La forma en la cual los líquidos se extienden sobre las superficies no es siempre la misma. Depositando agua, por ejemplo, en distintas superficies, se pueden dar casos en los que el agua se absorbe (la superficie es mojada por el líquido) instantáneamente, como puede ser el papel; o por el contrario con superficies impermeables en las cuales el agua queda en ellas creando perfectas gotas (la superficie no es mojada por el líquido), como puede ocurrir con un trozo de tela impermeable.

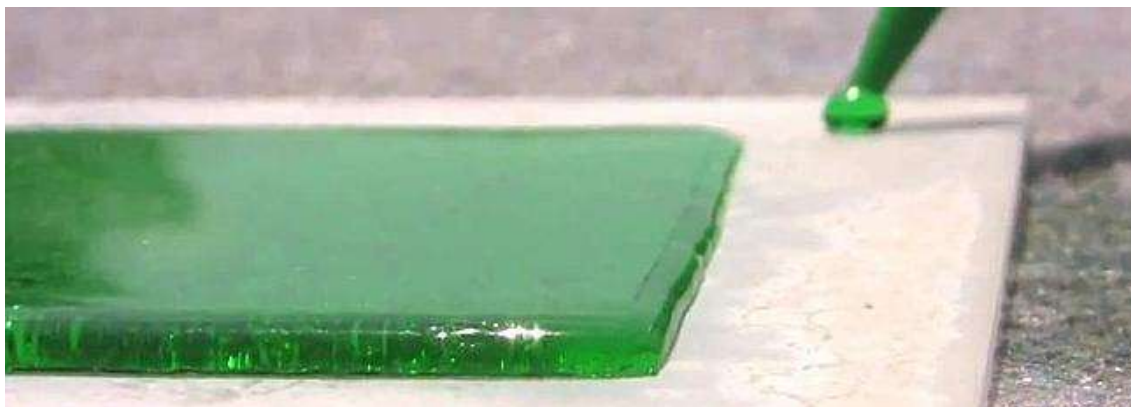


Figura 4 Investigaciones aplicadas a la nanotecnología y basadas en el concepto de mojabilidad.

La mojabilidad constituye otro término fundamental en el estudio de la tensión superficial; aparte, permite el diseño y mejora de las superficies de acuerdo a nuestras propias necesidades.

Para caracterizar esta propiedad en cualquier superficie se suele recurrir a los ángulos de contacto. **Cuando se deposita una gota en una superficie plana, ésta se extiende de tal manera que forma un determinado ángulo con la superficie, a este ángulo se le denomina como ángulo de contacto.**

El valor de este ángulo va a depender directamente de la relación entre las fuerzas adhesivas producidas entre el líquido y el sólido; y de las fuerzas cohesivas propias del líquido, por ello la tensión superficial del líquido y la energía superficial del sustrato van a tener un papel fundamental en la forma y ángulo de la gota depositada.

Como se puede observar en la figura, el ángulo se encuentra entre la interfaz sólido/líquido y la interfaz líquido/vapor, en cuyo vértice se encuentran las tres interfaces se encuentran, llamado punto triple.

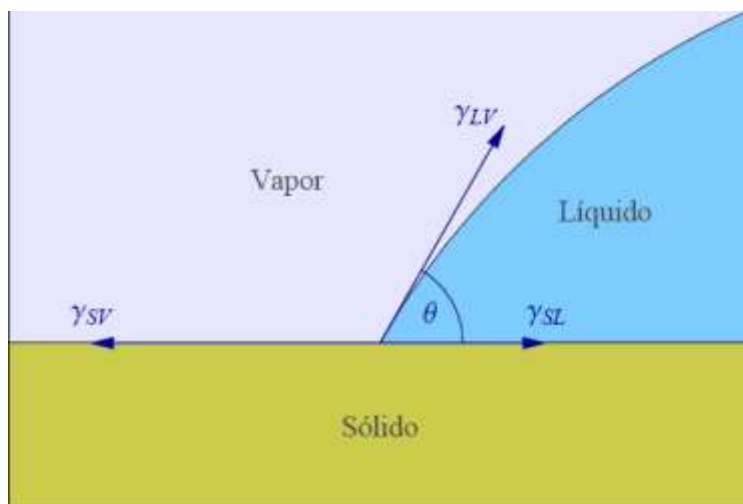


Figura 5 Equilibrio en la interfaz superficie-gota.

La ecuación de Young mostrada a continuación describe el equilibrio que se produce las interacciones entre las fuerzas de adhesión y cohesión, partir de ella se puede determinar la energía superficial por unidad de área:

$$\gamma_{sv} = \gamma_{sl} + \gamma_{lv} \cdot \cos \theta$$

El término γ_{sv} hace referencia a la energía libre superficial del sustrato, después del equilibrio de adsorción del vapor del líquido, la cual en ocasiones es menor que la energía libre superficial del sólido γ_s en vacío. Debido a ello, en la mayoría de los casos esta diferencia es despreciable, y por tanto la ecuación de Young, normalmente se representa como:

$$\gamma_s = \gamma_{sl} + \gamma_l \cdot \cos \theta$$

Siendo:

γ_s = Energía superficial del sólido.

γ_l = Energía superficial del líquido.

γ_{sl} = Energía entre el sólido y el líquido.

Despejando el valor del ángulo de contacto, su valor se obtiene a partir de:

$$\cos\theta = \frac{(\gamma_s - \gamma_{sl})}{\gamma_l} = \frac{\gamma_c}{\gamma_l}$$

Dónde γ_c es lo que se denomina energía superficial crítica.

A partir de esta última ecuación, se puede establecer una relación entre el ángulo de contacto y la mojabilidad como concepto:

$$\cos\theta = \mu$$

La ecuación de Young tiene dos interpretaciones; una geométrica, desarrollada en base a las componentes de vectores tensión superficial, y con la que se describe el sistema interfacial, y la otra interpretación es experimental, tomando como dato el ángulo de contacto que se obtiene con los métodos habituales de determinación de ángulos de contacto.

A partir de esta última interpretación, puede afirmarse que cuando la mojabilidad toma como valor la unidad ($\mu=1$) el mojado es perfecto, por el contrario si el valor que toma es negativo ($\mu= -1$) no se produce mojado. Cuando el valor sea intermedio ($-1<\mu<1$) se considera mojado parcial.

Por equivalencia con los ángulos de contacto puede afirmarse que si el ángulo obtenido es mayor de 90° el líquido no moja al sólido, en cambio si su valor es menor de 90° si se produce el mojado de la superficie por el líquido.

2.6 CURADO DE LOS ADHESIVOS.

2.6.1 INTRODUCCIÓN

La existencia y uso de los adhesivos puede atribuirse a los primeros habitantes de la Tierra. En la propia Prehistoria ya surgió la necesidad de adherir materiales; de hecho se ha podido encontrar pruebas en las que se demuestra el uso de sangre animal, barro o sustancias obtenidas tras la cocción de huesos como adhesivos.

Hasta el siglo XIX la variedad de adhesivos utilizados no sufrió grandes alteraciones, en cambio, a partir de esta época y tras el descubrimiento y desarrollo de los llamados adhesivos industriales, el campo de los adhesivos experimentó un enorme progreso llegando a ocupar un lugar fundamental dentro de la Ciencia de los Materiales.

Conocido es que existen otras muchas formas de uniones, como las uniones por soldadura o mediante tornillos, sin embargo las ventajas que ofrecen los adhesivos han hecho posible este importante impulso en el campo científico e industrial.

Se considera adhesivo a toda aquella sustancia que interpuesta entre las superficies de dos sustratos permite pegarlas o adherirlas. La adhesión que se produce, engloba tanto las fuerzas intermoleculares, los enlaces químicos así como todos los mecanismos de anclaje creados mediante rugosidad, adsorción y difusión.

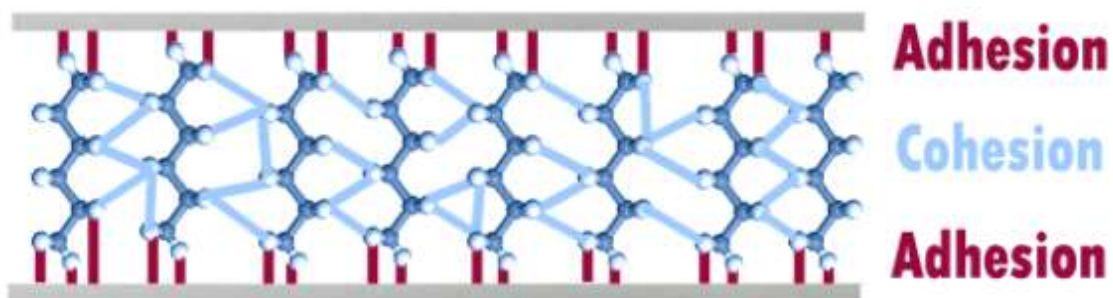


Figura 6 Formación de una unión adhesiva.

Tal y como se observa en la figura, se puede diferenciar dos tipos de fuerzas en cualquier unión adhesiva:

- Cohesión: conjunto de fuerzas internas que mantienen unido al propio adhesivo.
- Adhesión: conjunto de fuerzas que unen al adhesivo con ambos sustratos.

La capa límite se refiere a una fina capa correspondiente a las interfases entre el sustrato y el adhesivo en donde se producen todas las fuerzas mencionadas anteriormente.

2.6.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS ADHESIVOS

A continuación se describen las características que sitúan a los adhesivos como unos de los principales métodos de unión en la actualidad:

1. Unión de distintos materiales.
2. Resistencias a la separación adecuadas (sin deformación de los materiales).
3. Distribución homogénea y eficaz de esfuerzos.
4. Técnica conveniente y poco costosa.
5. Facilita la flexibilidad en el diseño y el empleo de nuevos materiales.
6. Mejora la apariencia externa del producto acabado.
7. Aumenta a la resistencia a la corrosión.

Pero como en todos los ámbitos científicos, no todo son ventajas; también existen una serie de limitaciones, las cuales deben tenerse muy en cuenta a la hora de realizar cualquier adhesión; son las siguientes:

1. Puesta a punto del proceso tediosa y cuidadosa.
2. Realización de tratamientos superficiales de los sustratos.
3. Temperatura de utilización limitada.
4. Baja fuerza y resistencia de las uniones (comparada con otros materiales).
5. Ensayos no destructivos limitados.

2.6.3 PROCESO DE CURADO

A pesar de la finalidad común de todos los adhesivos (no por ello la única), que consiste en lograr la fijación de dos sustratos, existen multitud de puntos de estudio en este campo debido a la gran variedad de adhesivos que podemos encontrar. Por ello, las clasificaciones de éstos son también muy diversas.

Uno de los principales conceptos necesarios para el buen conocimiento y uso de un adhesivo es su proceso de curado.

Se conoce como curado al proceso mediante el cual un adhesivo en estado líquido o semisólido se transforma en un sólido resistente. Las propiedades que presentan los adhesivos antes y después de este proceso son muy diferenciadas.

Antes, deben ser capaces de ser transportados hasta la superficie de los sustratos y copiar la misma, de ahí que en su inicio tengan una naturaleza fluida. Después, sus propiedades mecánicas deben ser las adecuadas a los requisitos de ensamblaje, por ello es tan importante para una correcta adhesión, la elección del correcto adhesivo.

Una vez que se ha producido el curado completo del adhesivo, se puede afirmar que éste ha adquirido sus características fisicoquímicas definitivas. Cabe destacar que existe sólo un tipo de adhesivos que no experimentan este proceso y son capaces de adherir sin curar, los piezosensibles (cintas aislantes, cintas de doble cara...).

Debido a la amplia gama de adhesivos que podemos encontrar en la industria actualmente, existen también distintas formas de curado para cada uno de ellos, de tal manera, que se puede establecer una clasificación de éstos dependiendo de la forma en que cada uno de ellos polimeriza.

A continuación se expondrá de forma concisa el proceso de curado de cada uno de los adhesivos utilizados en la realización de este proyecto, para así entender bien y poder aplicar estos conocimientos teóricos en los resultados que se obtengan.

2.6.3.1 CURADO DE LAS SILICONAS

En 1940, el químico Frederick Kipping llevó a cabo la primera sintetización de un compuesto siliconado. Las siliconas se consideran adhesivos reactivos elásticos o híbridos, debido a poseer una estructura con elementos orgánicos e inorgánicos.

Toda silicona está formada por:

- Monómero
- Agente de entrecruzamiento
- Catalizador
- Antioxidante o estabilizadores térmicos
- Modificadores de rendimiento (plastificantes o promotores de la adhesión)
- Modificadores de forma (cargas, colorantes, pigmentos...)

Llamadas también siloxanos polimerizados o polisiloxanos, consisten en una cadena inorgánica de silicio y oxígeno (-Si-O-Si-O-Si-O-) con grupos laterales orgánicos unidos a los átomos de silicio. En algunos casos, los grupos orgánicos secundarios pueden ser utilizados para unir dos o más de estas cadenas Si-O.

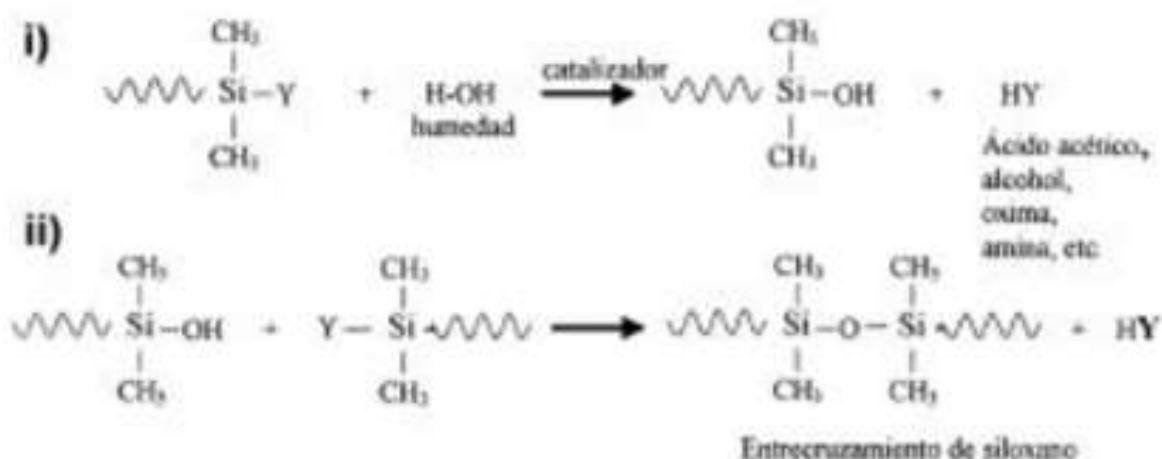


Figura 7 Reacciones de polimerización de las siliconas.

Se pueden diferenciar dos tipos dentro de ellas, las siliconas RTV-1 y RTV-2 que se van a diferenciar además de por su composición por el proceso de curado que desarrollan:

Las siliconas RTV-1 curan por policondensación química con humedad ambiental, por ello lo hacen desde el exterior hacia el interior del cordón aplicado. A medida que se desarrolla la polimerización de los siloxanos de caucho se va haciendo más impermeable a la humedad, por lo que el curado de las capas interiores se hace más difícil. Este hecho supone una limitación en cuanto al grosor de los cordones y además introduce dos importantes conceptos: el tiempo de formación de piel y el de tacto seco. A pesar de ello, las siliconas presentan tiempos de formación de piel cortos en comparación con otros elastómeros RTV-1.

La polimerización de las siliconas RTV-2 se produce en todo el volumen dosificado, puesto que el agente polimerizador está en contacto con toda la masa de siloxanos. Por lo que presentan tiempos de curados muy inferiores a los de las siliconas RTV-1.

La polimerización de las siliconas da lugar a subproductos normalmente volátiles. Es tan característico este hecho que en ocasiones las siliconas se clasifican de acuerdo a estos subproductos:

- Acéticas: liberan ácido acético reconocible por un característico olor a vinagre. Presentan problemas de corrosión algunos materiales metálicos.
- Alcoxi: liberan alcoholes de diferente peso molecular generalmente metanol.
- Amínicas: liberan aminas.
- Oxímicas: que liberan oximas, pero con la particularidad de que este subproducto de reacción es reutilizado nuevamente en la reacción de polimerización. Por este motivo también se denominan siliconas neutras.

Cabe destacar también que existen otros tipos de siliconas tanto monocomponentes como bicomponentes que van a polimerizar mediante procesos de poliadición mediante calor.

2.6.3.2 CURADO DE LOS POLIURETANOS

Los poliuretanos se consideran la familia más versátil de polímeros existentes. Se consideran poliuretanos tanto a pinturas, fibras, elastómeros y adhesivos entre otros.

Estos polímeros se basan en la química del isocianocrilato (los más empleados suelen ser aromáticos y/o alifáticos), y están formados principalmente por un prepolímero en base a polioles.

En la composición de los poliuretanos monocomponentes, se presentan los siguientes elementos:

- Prepolimero en base a polioles
- Cargas y pigmentos
- Plastificantes
- Agentes de entrecruzamiento (MDI, TDI)
- Catalizadores

En el caso de los bicomponentes, como la propia palabra indica, el poliuretano va a estar formado por dos integrantes, cada una de ellas constituida por:

- Parte A:
 - Prepolimero en base a polioles
 - Cargas y pigmentos
 - Plastificantes
 - Catalizadores
- Parte B:
 - Agentes de entrecruzamiento (MDI, TDI)
 - Pigmentos

La polimerización de este tipo de adhesivos también se inicia por reacción con la humedad ambiental, por lo que su comportamiento de curado es el mismo que el de las siliconas, pero sin liberar subproductos al medio ambiente. La velocidad de curado también depende de la humedad relativa, al igual que en el caso de la silicona.

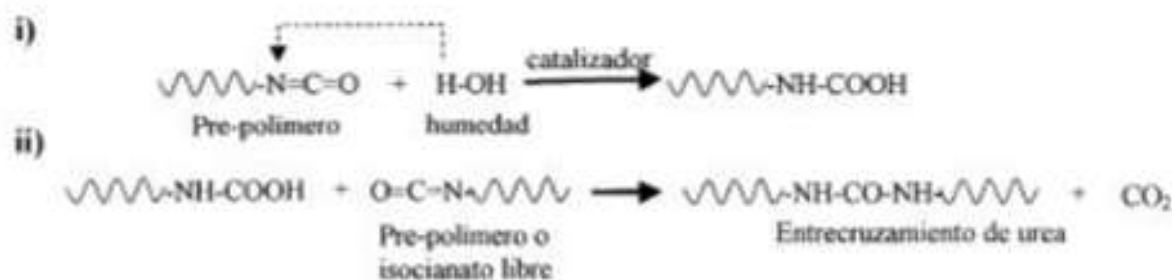


Figura 8 Reacciones de polimerización de los poliuretanos.

Los poliuretanos monocomponentes tras el proceso de curado generan un caucho elastómero. La combinación entre prepolímeros de uretano e isocianatos genera un olor característico de los poliuretanos. El tiempo de curado también es relativamente lento debido a la impermeabilidad que se va generando al igual que ocurre con las siliconas.

Por el contrario, los poliuretanos bicomponentes polimerizan tras la reacción de los isocianatos con los correspondientes polioles o aminas en toda la masa de la junta adhesiva eliminando las limitaciones de holgura de curado y permitiendo unas velocidades mayores.

2.6.3.3 CURADO DE ANAERÓBICOS

Los adhesivos anaeróbicos son adhesivos rígidos monocomponentes caracterizados por proceso de curado. La polimerización de éstos únicamente se produce en ausencia de oxígeno y presencia de cationes metálicos, formando un polímero inerte.

Se consideran el adhesivo ideal cuando los sustratos a unir son metálicos, ya que estos presentan una superficie rica en iones, favoreciendo la generación de radicales libres en su reacción con los peróxidos presentes en la formulación del adhesivo. Estos radicales libres inician el desarrollo cadenas poliméricas obteniéndose finalmente una estructura sólida con cadenas poliméricas “reticuladas”.

A pesar de esto, algunos pueden curar mediante el uso de activadores, los cuales por supuesto deben contener cationes para que se produzca la reacción. Por ello se convierten en materiales versátiles, ya que su uso no queda limitado únicamente a sustratos metálicos (aunque los mejores resultados se logran sobre metales).

Los elementos que se pueden encontrar en un adhesivo anaeróbico son los siguientes:

- Monómero.
- Reactivos para el curado (iniciadores como hidroperóxidos, aceleradores como las aminas y aceleradores, normalmente sacarina).
- Estabilizadores.
- Inhibidores.
- Modificadores del rendimiento (plastificantes, lubricantes, promotores de la adhesión...).
- Modificadores de la forma (colorantes, modificadores de la viscosidad...).
- Activadores (orgánicos, sales de cobre o catalizadores químicos).

2.6.3.4 CURADO DE CIANOCRILATOS

Los cianocrilatos son adhesivos rígidos que surgieron a partir de la necesidad de sustituir puntos de sutura tradicionales, pero una vez desarrollados se encontraron numerosas aplicaciones en las que emplearlos; en los últimos años se han convertido en uno de los adhesivos más utilizados a nivel industrial, sobre todo en el sector automovilístico.

Su elemento principal es un monómero: cianocrilato de etilo, metilo, propilo,...etc. También constan de estabilizadores, espesantes, modificadores de la forma como colorantes, modificadores del rendimiento y activadores necesarios para el desarrollo de la polimerización.

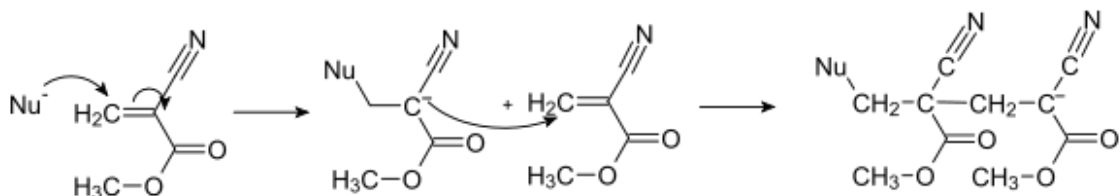


Figura 9 Reacciones de polimerización de metil cianocrilato.

En su curado se produce la adicción de ésteres etílicos a una dispersión de partículas de caucho, estabilizándose en un medio ácido débil, por lo que la humedad ambiental favorece este proceso. El activador es el encargado de reaccionar con esta humedad produciendo un anión que origina el curado del adhesivo.

2.6.3.5 CURADO DE EPOXI BICOMPONENTE

Los adhesivos epoxis son polímeros termoestables cuyo endurecimiento se debe a la reacción de la cadena epoxi con un agente endurecedor, por lo que se encuentran dentro de los adhesivos reactivos rígidos bicomponentes.

La gran variedad de endurecedores hacen posible que sus procesos de curado y propiedades finales de éstos sean bastante amplias. Los agentes de curado más usuales son grupos amino, oxhidrilo y carboxilo.

La composición de estos adhesivos consta de:

- Monómeros (epoxis)
- Agentes de curado o endurecedores
- Cargas
- Espesantes
- Pigmentos
- Resinas diluyentes
- Aceleradores del curado

El sistema de curado más común emplea aminas primaria bi o trifuncionales, las propiedades y la velocidad de curado dependen del agente de curado empleado.

Los epoxis bicomponentes de curado a temperatura ambiente, como el empleado en este proyecto, emplean agentes de curado como las aminas o versamidas. Estos no van a conseguir el mismo rendimiento que los que curan a elevadas temperaturas, en los que utilizan.

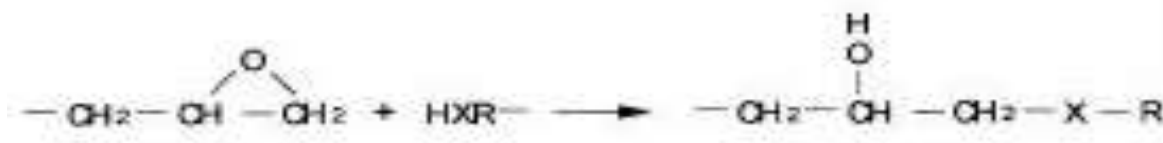


Figura 10 Reacciones de polimerización de los epoxis

Recientemente se ha desarrollado un tipo de adhesivos epoxi, el de los denominados epoxi catiónicos, productos monocomponentes capaces de iniciar la reacción de polimerización tras su exposición a radiación UV.

2.7 MÉTODOS PARA LA MEDICIÓN DE LA TENSIÓN SUPERFICIAL

Existen varios métodos para la determinación de la tensión superficial ya explicada en el capítulo anterior, todos ellos pueden clasificarse según el principio que usan tal y como se observa en la siguiente tabla:

PRINCIPIO	MÉTODO
Medida de una fuerza	Método del anillo (Nouy)
	Método de la placa (Whihelmy)
	Otros métodos
Medida de una presión	Método de la elevación capilar
	Método de la presión de burbuja
Deformación o medidas geométricas	Método de la gota giratoria
	Método de la gota pendiente o colgante
	Método de la gota colocada o gota sésil

Tabla 4. Clasificación de los métodos de medida de la tensión superficial.

2.7.1 METODOS BASADOS EN LA MEDIDA DE UNA FUERZA

2.7.1.1 MÉTODO DEL ANILLO O DE DU NOUY

El método del tensiómetro de Du Nouy consiste en medir la tensión superficial a partir de la fuerza necesaria para separar un anillo de la superficie del líquido.

Para relacionar la fuerza ejercida con la tensión superficial del líquido, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{\beta F}{4\pi r}$$

Siendo:

- r = radio medio del anillo
- F = fuerza o empuje aplicado en el anillo
- β = factor de corrección

(El factor 4 hace referencia a que la tensión superficial actúa sobre toda la circunferencia del anillo de longitud $2\pi r$, a ambos lados de este, ya que el anillo tiene cierto espesor)

El anillo puede estar suspendido por medio de un brazo o una balanza, y suele utilizarse platino como material. Además debe estar completamente limpio para asegurar que repose plano sobre el líquido y presente una mínima rugosidad en él, es decir, que posea una superficie lo más perfecta posible.

En el momento de ruptura de la superficie de contacto creada, la cual posee dos lados, el peso del líquido desprendido será igual al producto de la tensión superficial por dos veces el perímetro del círculo (superficie externa e interna).

En la realidad y gracias a distintos estudios, se sabe que el factor de corrección varía de 0,75 a 1,07, y es debido a una pequeñísima porción de líquido que puede quedar adherido al anillo.

La mayoría de los últimos equipos diseñados para este método vienen ya calibrados y nos ofrecen los valores de tensión superficial de forma directa. Algunos más sofisticados llevan integrados también un sistema de control de temperatura.

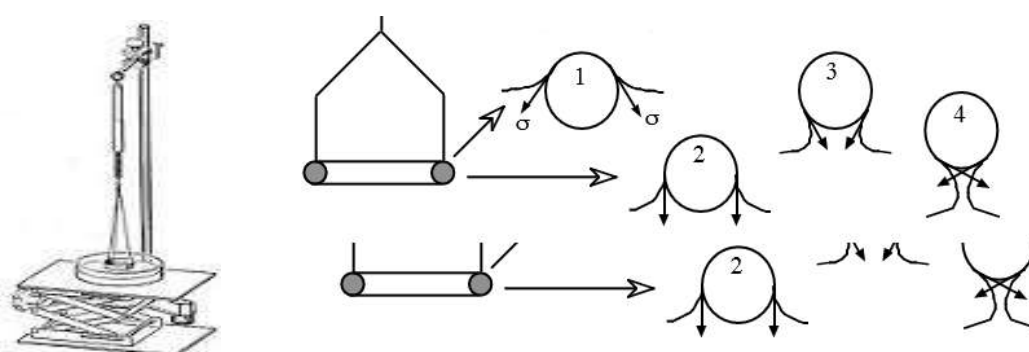


Figura 11 Perfiles y equipo asociado al método del anillo.

2.7.1.2 MÉTODO DE LA PLACA (WHILHELMY 1863)

Este método utiliza una placa geométrica rectangular geoméricamente conocida y suspendida en una balanza de precisión. El lado inferior de la placa se pone en contacto (horizontalmente) con la superficie del líquido para que se moje (1). Posteriormente una fuerza vertical es ejercida sobre la placa para levantarla (2). Esta se levanta poco a poco creando una interfase curva a cada lado (3). Finalmente la placa se levanta hasta que se produce el arranque (4).

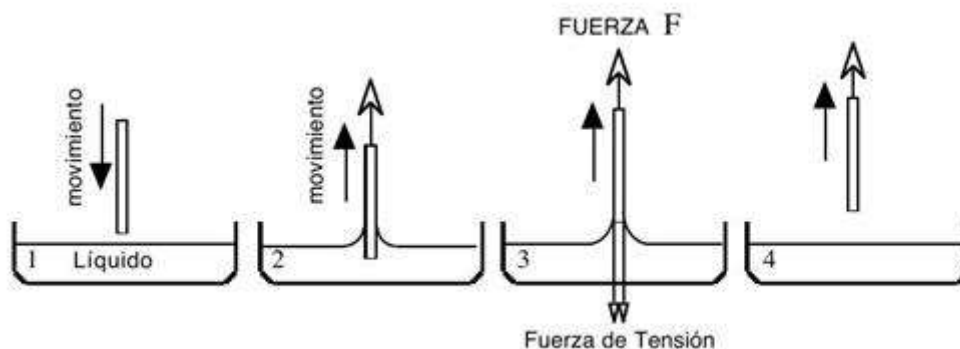
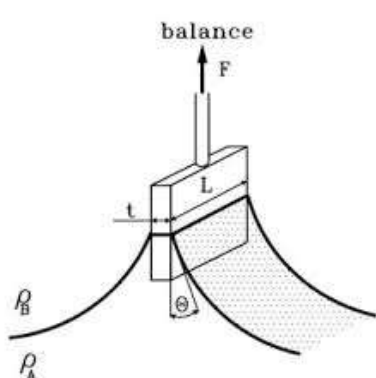


Figura 12 Proceso asociado al método de la placa.

Justo en el momento del arranque es cuando se puede realizar la medición de la tensión superficial mediante el equilibrio de fuerzas entre las fuerzas de tensión que se aplican en una parte y en otra de la placa y el levantamiento.

Balance:



$$F = 2(L + e)\sigma \cos\theta$$

Como $e \ll L$ y $\theta = 0$

Luego:
$$\sigma = \frac{F}{2L}$$

Figura 13 Detalle de fuerzas aplicadas en la placa.

La placa, suele ser de platino y sus dimensiones son aproximadamente de 30 mm de largo (L) y 0,1 mm de espesor (e). La balanza en los casos manuales suele ser de torsión y provista de una palanca, en cambio, en los casos automáticos funciona a partir de un motor y un sistema registrador de fuerza.

No se va a producir una superficie nueva en el momento de la medición, por lo que en este método se puede colocar el líquido dentro del recipiente durante varias horas antes y dejar que se equilibre la superficie. De ahí que este método sea ideal para superficies surfactantes cuyo tiempo de adsorción es bastante elevado.

La limitación en este método reside en que en la práctica no podemos encontrar una precisión mejor que ± 0.2 dina/cm a no ser que se trabaje en una atmósfera inerte con precauciones extremas. Por ello, las balanzas utilizadas son por lo general balanzas económicas que dan el centígramo.

Una de las características principales de este método, es que también nos permite realizar mediciones de tensión entre las interfaces líquido-líquido, cuyo procedimiento no vamos a desarrollar en este proyecto, ya que no vamos a analizar ese tipo de interfaces.

2.7.1.3 OTROS MÉTODOS

Existen numerosos variantes a estos métodos explicados como los métodos del anillo y de la placa. Uno de ellos es el método del estribo que consiste en medir la fuerza de contacto trifásico de un segmento de alambre de platino ubicado horizontalmente. Puede considerarse una variante del método del anillo pero incluyendo la característica de prescindir de un ángulo de contacto 0.

Otro método es el de la barra vertical de diámetro relativamente grande, la cual levanta un menisco al desprenderse de la superficie. Es muy similar al método del anillo pero con las desventajas de tener una línea de contacto trifásico dos veces menor y un ángulo de contacto mucho más difícil de determinar.

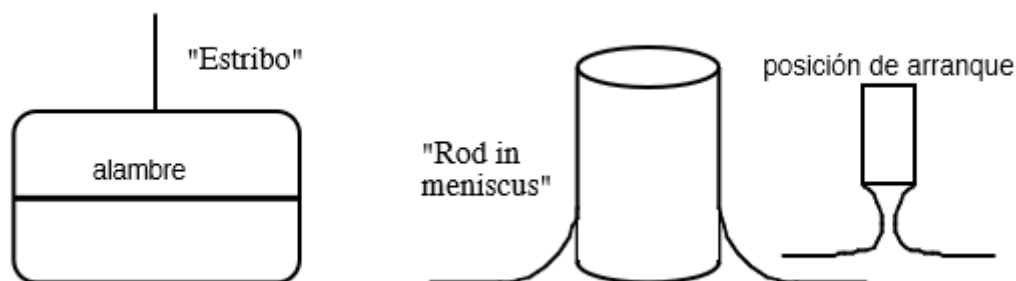


Figura 14 Método del estribo y de la barra vertical.

2.7.2 MÉTODOS BASADOS EN LA MEDIDA DE UNA PRESIÓN

Los dos métodos incluidos en esta clasificación están basados en la ecuación de la Capilaridad de Laplace, la cual nos indica que existe una diferencia de presión de parte y otra de una interfase curva:

$$\Delta P = \gamma H$$

Siendo:

· H = la curvatura promedia de la interface en el punto. Se obtiene como el promedio entre las dos curvaturas principales:

$$H = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Si la interface es esférica, lo que puede considerarse el caso si la gravedad no deforma la interface (caso de un radio de curvatura pequeño), entonces:

$$\Delta P = \frac{2\gamma}{R}$$

2.7.2.1 MÉTODO DEL ASCENSO CAPILAR

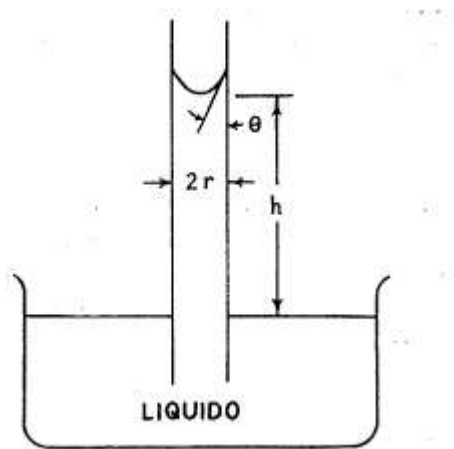
Este método consiste en introducir en el interior de un líquido un tubo capilar cuyas paredes sean mojables por él. El líquido asciende por el tubo formando un menisco cóncavo en la superficie líquido-aire debido a la diferencia de presión entre el líquido contenido en el recipiente y el que se encuentra en el interior del capilar. Esta diferencia de presión es la que provoca el ascenso del líquido en el interior del capilar que se detiene en el momento en que las presiones se igualan.

La tensión superficial será mayor a medida que mayor sea la diferencia de presiones, es decir, a medida que más se eleve el líquido por el capilar. Esto se extrae directamente de la ecuación de Young-Laplace:

$$\Delta P = \frac{2\sigma}{R}$$

Como podemos observar en la figura, otro parámetro que influye en este método es el ángulo de contacto del líquido con las paredes del tubo. Este va a depender de las fuerzas de cohesión entre las moléculas del mismo líquido y las fuerzas de adhesión entre el líquido y el tubo, tal y como se indicó en el punto referente a la mojabilidad y los ángulos de contacto.

La ecuación a partir de la cual podemos obtener la tensión superficial del líquido viene dada por:



$$\sigma = \frac{h g r \rho}{2 \cos \theta}$$

Figura 15 Método del ascenso capilar.

Siendo:

- h = altura de la columna líquida dentro del capilar
- g = gravedad
- r = radio del capilar
- ρ = densidad del líquido

2.7.2.2 MÉTODO DE PRESIÓN DE BURBUJA

Este método es una variante del anterior ya explicado, que consiste en meter un tubo dentro de un líquido inyectando un gas en su interior y generar así una burbuja.

Se puede demostrar, que la presión pasa por un máximo cuando el diámetro de la burbuja iguala al diámetro del tubo capilar, de hecho si la burbuja sigue creciendo se despegará.

La presión máxima se obtiene con la siguiente fórmula:

$$P = \frac{2\gamma}{r} + \rho g h$$

Se podría afirmar que el gas tiene que vencer la presión capilar y la hidrostática. Es un buen método para la medición en línea en una planta industrial pero no se considera un método muy efectivo si nos referimos a entornos de ensayos en laboratorio. Además, nos encontramos un importante problema en cuanto a la determinación del radio exacto de mojabilidad debido al espesor no nulo de la pared del capilar, así como el radio de burbuja.

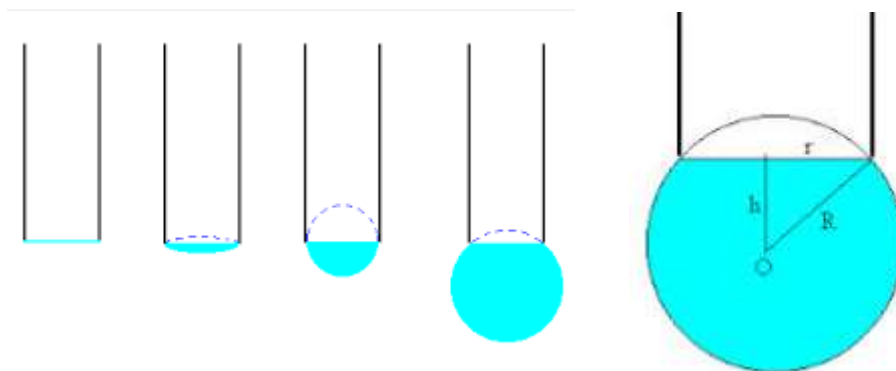


Figura 16 Desarrollo de perfiles de gota.

2.7.3 MÉTODOS BASADOS EN UNA DEFORMACIÓN O EN MEDIDAS GEOMÉTRICAS

Los métodos incluidos en esta clasificación se basan en la capacidad de aumentar o disminuir el área superficial por diferentes fuerzas; la tensión superficial aumentará dicha superficies, mientras que una fuerza gravitatoria tenderá a reducirlo.

2.7.3.1 MÉTODO DE LA GOTA GIRATORIA

Este método consiste en colocar una gota de fluido menos denso dentro de un tubo lleno de líquido más denso y hacer girar el tubo sobre su eje, generando que la gravedad centrípeta exceda a la natural. Se obtiene un sistema en el cual el vector gravedad apunta del eje hacia la pared del tubo y en el cual, el sistema de gravedad hace que el fluido menos denso se reúna lo más cerca del eje posible resultando un alargamiento de la gota, mientras que a su vez la fuerza de tensión va a reducir el área interfacial de la gota produciendo un encogimiento.

La tensión producida se puede expresar por la siguiente ecuación:

$$\gamma = \frac{1}{4} \Delta \rho w^2 r^3$$

Siendo:

· r = radio de la gota

· w = velocidad angular del tubo

Se debe introducir un coeficiente de corrección derivado del efecto lupa producido por la pared del tubo, y estos deben presentar un espesor de pared rigurosamente constante para evitar cualquier tipo de deformación.

Los grandes avances llevados a cabo en este método han hecho posible alcanzar propiedades de interés como la adsorción realizando una electroforesis de una burbuja atrapada en un tubo.

2.7.3.2 MÉTODO DE LA GOTA PENDIENTE O COLGANTE

Este método consiste en alojar una gota en un gotero produciéndose una geometría de equilibrio entre la fuerza de gravedad, la cual va a tender a estirar la gota y la fuerza de tensión, la cual tenderá a reducirla.

Se considera un método bastante sencillo desde el punto de vista de que únicamente se necesita dos medidas geométricas de la gota. La mayor dificultad que presenta este análisis reside en conseguir una gota estable.

A partir de los dos diámetros obtenidos en la gota y mediante los nomogramas de Andreas, Hauser y otros, se halla la tensión interfacial.

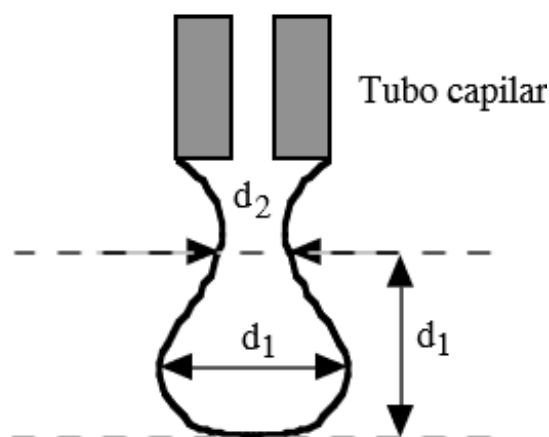


Figura 17 Diámetros asociados a la gota.

2.7.3.3 MÉTODO DE LA GOTA SÉSIL O GOTA COLOCADA

No en todos los casos es posible utilizar el método de la gota pendiente, ya que cuando la tensión es demasiado baja, la deformación gravitacional va a ser mucho más fuerte. En estos casos se utiliza este método que consiste en colocar una gota contra una superficie sólida.

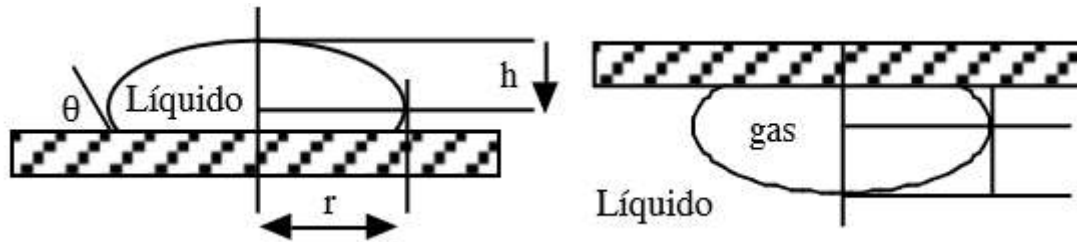


Figura 18 Estructura de la gota depositada en la superficie.

Si la gota es suficientemente aplastada, entonces la curvatura de la extremidad superior o inferior (polo) es aproximadamente cero y la distancia h del polo al ecuador es independiente del diámetro de la gota. En tal caso la tensión superficial se obtiene mediante:

$$\gamma = \frac{1}{2} \Delta \rho g h^2$$

Siendo:

· $\Delta \rho$ = densidad relativa de un fluido respecto al otro

Para que la gota esté totalmente aplastada, la tensión debe de ser baja y la gota lo más pequeña posible o por el contrario la tensión alta y la gota relativamente grande. Por lo tanto el método es bastante apropiado para un rango amplio de tensiones.

Si la gota no está completamente aplastada, se utilizará la siguiente ecuación:

$$\gamma = \frac{1}{2} \Delta \rho g h^2 \left[1 + 0,6 \frac{h}{r} \left(1 - \frac{4h^2}{r^2} \right) \right]$$

El requisito indispensable en este método es conseguir una superficie no mojada por el fluido de la gota

El aparato usualmente utilizado para llevar a cabo este método recibe el nombre de goniómetro.

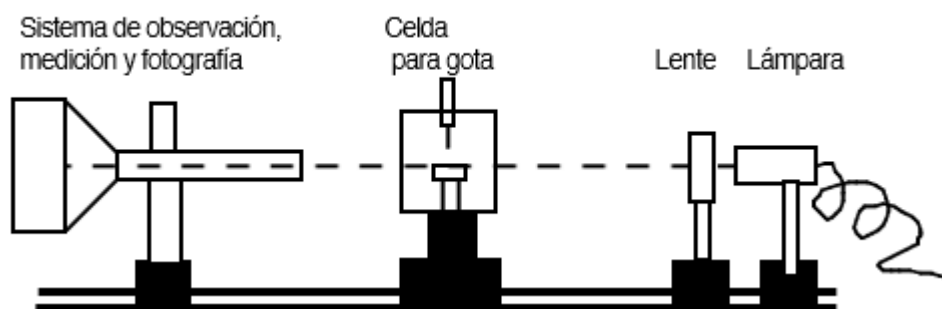


Figura 19 Goniómetro digital.

Este método será el que se utilice en el presente proyecto para la determinación de la tensión superficial en los adhesivos, por ellos más adelante se desarrollará su proceso experimental así como los distintos modelos o métodos matemáticos desarrollados a partir de él.

3. MEMORIA EXPERIMENTAL

3.1 MATERIALES UTILIZADOS

3.1.1 LÍQUIDOS

A continuación se presentan los distintos líquidos utilizados en el presente proyecto; la mayoría de ellos se han utilizado para la medición de la energía superficial de los adhesivos a partir de los ángulos de contacto formados por estos líquidos cuando han sido depositados en la superficie a lo largo de la etapa de curado o polimerización.

3.1.1.1 AGUA DESTILADA

Uno de los principales líquidos utilizados para la medición de la tensión superficial es el agua destilada (H_2O), un líquido bastante conocido aunque con ciertas peculiaridades. Antiguamente estaba considerado como el elemento básico que representaba todas las sustancias líquidas. Es incoloro, insípido e inodoro y en la propia naturaleza puede encontrarse en los tres estados físicos posibles: líquido, sólido y gaseoso.

Toda molécula de agua está formada por dos átomos de hidrógeno y una de oxígeno unidas mediante enlace covalente. Poseen un fuerte momento dipolar debido a la gran diferencia de electronegatividades entre el átomo de oxígeno y los de hidrógeno (el oxígeno es un átomo con electronegatividad superior al hidrogeno). Además, su naturaleza polar le otorga un alto valor adhesivo. La interacción entre los diferentes dipolos de una molécula de agua, provoca una atracción en red, la cual constituye la principal explicación al elevado índice de tensión superficial que posee.

El agua es un compuesto tan versátil debido a que el tamaño de su molécula es muy pequeño, ya que su molécula es buena donadora de pares de electrones. En cuanto a su estructura, entre los dipolos del agua se establecen fuerzas de atracción llamados puentes de hidrógeno, formándose grupos de 3-9 moléculas. Estas agrupaciones, le confieren al agua sus propiedades de fluido. Los enlaces por puentes de hidrógeno son, aproximadamente, 1/20 más débiles que los enlaces covalentes, el hecho de que alrededor de cada molécula de agua se dispongan otras moléculas unidas por puentes de hidrógeno, permite que se forme en el seno del agua una estructura ordenada de tipo reticular, responsable en gran parte del comportamiento anómalo y de sus propiedades físicas y químicas.

3.1.1.2 DIYODOMETANO

Diyodometano o también conocido como Yoduro de metileno, es otro de los líquidos utilizados para medir la tensión superficial.

Es un líquido orgánico, insoluble en agua pero sí en éter y alcohol. Además, es incoloro; sin embargo, al exponerse a la luz se descompone liberando yodo, cuyas muestras son de colores marrones.

Posee un alto peso específico lo que le hace idóneo para la determinación de la densidad de muestras sólidas como minerales. Sus otros usos son muy variables, por ejemplo se utiliza como líquido de contacto para refractómetros y como reactivo en la reacción de Simmons-Smith, que a su vez sirve como fuente de metileno CH_2 .

3.1.1.3 GLICEROL

Glicerol o también llamado Glicerina es un compuesto alcohólico formado por tres grupos hidroxilos. Es un líquido viscoso, incoloro, con un característico olor y un sabor dulce.

Considerada una molécula natural, ya que su presencia en el metabolismo humano es totalmente habitual y tolerable. En nuestro organismo se produce en la fermentación de alcoholes o en la metabolización de los lípidos. El glicerol se encuentra en todos los tipos de aceites, así como en las grasas animales o vegetales, siempre que éstas vayan asociadas a otros ácidos grasos como puede ser, por ejemplo, el oleico, o esteárico

Una de sus características más destacables es que es un líquido higroscópico, es decir, es capaz de absorber o ceder la humedad del medio que le rodea. Es soluble en agua y además en él se disuelven sustancias que no son capaces de hacerlo en otras como el agua o alcohol.

3.1.1.4 PENTANODIOL

El Pentanodiol. Pentano-1,5-diol o Pentilenglicol, es un compuesto inorgánico cuya fórmula molecular es $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}_2$.

Se trata de un líquido viscoso e incoloro que se suele utilizar principalmente como plastificante y como materia prima para la obtención de algunos polímeros (poliuretanos, poliésteres o policarbonatodíoles). Se caracteriza por ser soluble en agua y en otros disolventes orgánicos como él mismo.

3.1.1.5 ETILMETILCETONA

La etilmetilcetona, butanona o MEK, es un compuesto químico orgánico perteneciente a las cetonas. En condiciones ambiente, se presenta en forma de líquido incoloro inflamable. Posee un olor intenso penetrante similar al de la cetona.

La butanona es un disolvente eficaz y común. Se utiliza en procesos de gomas y resinas entre otros materiales, y por ello se emplea mucho en la fabricación de plásticos, textiles, productos para el hogar, barnices, colas, y como agente de limpieza. En el presente proyecto ha sido utilizada como disolvente de los adhesivos estudiados para llevar a cabo la limpieza de las probetas, siendo capaz de disolver estos adhesivos hasta en situaciones donde el curado de los mismo es considerablemente avanzado.

Tiene propiedades similares al disolvente de acetona, pero se evapora a menor velocidad que éste, además tiene un uso muy interesante como adhesivo, aprovechando que reacciona con el poliestireno.

Es posible encontrar esta sustancia en la naturaleza dentro del reino vegetal, o se puede obtener industrialmente tratando el butanol.

3.1.2 ADHESIVOS

A continuación se describen de manera breve los adhesivos empleados para el estudio de su tensión superficial a lo largo del proceso de curado que desarrollan. Las fichas técnicas proporcionadas por el fabricante se incluyen en el anexo de este mismo proyecto.

3.1.2.1 SILICONA SCOTCH-WELD SC6152

Se trata de una silicona monocomponente de naturaleza acetoxi que cura al reaccionar con la humedad. Es incolora y traslúcida.

Debido a su viscosidad se presenta como una pasta tixotrópica con una densidad aproximada de 1.06 g/cm^3 .

Se suelen emplear en muy diversas aplicaciones, como adhesivos y selladores industriales y en la construcción:

Adhesión y sellado de componentes mecánicos y electrónicos, adhesión de gomas y tubos flexibles o para la adhesión y sellado en electrodomésticos.



Figura 20 Silicona SCOTCH-WELD SC6152.

3.1.2.2 SIKAFLEX 252

Este adhesivo es un sellador de tipo poliuretano monocomponente. Tiene una consistencia pastosa y cura a partir de la exposición a la humedad atmosférica transformándose en un elastómero durable. En el mercado se puede encontrar en color blanco o negro, y su densidad varía entre $1.16 - 1.22 \text{ g/cm}^3$.

Resistente al agua, ácidos diluidos y soluciones cáusticas y temporalmente a combustibles, aceites minerales, grasas.

Se recomienda su uso para la formación de juntas con materiales como madera, aluminio, acero fosfatado, cromado o zincado, metales con pintura, cerámicos y en determinados plásticos.

Las principales aplicaciones de este tipo de poliuretanos son muy variadas, y pueden resumirse en los siguientes ámbitos: construcción, transporte, elementos mecánicos y electromecánicos...etc.



Figura 21 Sikaflex 252.

3.1.2.3 LOCTITE 270

Se trata de un adhesivo anaeróbico de tipo dimetacrilato éster, diseñado para fijar y sellar componentes roscados. Posee una apariencia de líquido verde poco viscoso.

Este adhesivo cura en ausencia de aire, una vez selladas y ajustadas las superficies metálicas. La naturaleza tixotrópica reduce el escurrimiento del producto líquido después de la aplicación sobre el sustrato.

Especialmente adecuado para aplicaciones sobre sustratos poco activos, tales como acero inoxidable y superficies revestidas, donde es necesario el desensamble con herramientas manuales.



Figura 22 Loctite 270.

3.1.2.4 SUPER CEYS UNICK

Adhesivo instantáneo de tipo cianocrilato, en base etilester modificado. Posee unas características que le hacen ser muy polivalente, une perfectamente todo tipo de materiales excepto polietileno, teflón y polipropileno.

Posee una alta resistencia a la temperatura, impactos, vibraciones y a la humedad. Tienen un color opaco; sin embargo tras su curado deja un residuo color blanco que le hace poco aplicable por ejemplo en cristales. Su apariencia es de líquido poco viscoso.

Los cianoacrilatos, como se denomina a los adhesivos instantáneos presentan excepcionales características adhesivas. Por ello y por la comodidad de su uso se han convertido en una de las soluciones más comunes a los problemas de ensamblaje entre materiales muy diversos.



Figura 23 Super Ceys.

3.1.2.5 ARALDIT STANDARD

Se trata de un adhesivo tipo epoxi bicomponente. La parte A o componente principal está formulado a partir de una resina de tipo epoxi modificada de Bisfenol A. El endurecedor o parte B está constituido por una poliaminoamida modificada mediante aminas terciarias.

Posee un color amarillo pálido y considerable viscosidad. Su aplicación se lleva a cabo con una pistola, gracias a dos cartuchos los cuales contienen los diferentes componentes; esto ayuda a que la proporción de ambos y su homogeneidad sea la correcta para un buen desarrollo de la polimerización una vez que entran en contacto.

Su uso se extiende a todo tipo de materiales como metal, cerámica, madera, caucho vulcanizado, plásticos rígidos, expandibles... Las uniones pueden efectuarse entre materiales de igual o distinta naturaleza.

Posee una alta resistencia a golpes y vibraciones; utilizándose tanto en aplicaciones industriales como domésticas. Destaca en el pegado de mármol, piedra o paneles sándwich.



Figura 24 Araidite bicomponente.

3.2 PROCESO EXPERIMENTAL

3.2.1 INTRODUCCION

La gran variedad de los métodos, antes explicados, hace necesaria la elección de algunos de ellos para llevar a cabo el análisis de los valores de la tensión superficial durante la polimerización de los adhesivos, por ello, se han elegido dos concretos para desarrollar el experimento.

El objetivo de este proyecto, una vez realizados los ensayos pertinentes, consiste en obtener gráficas que muestren la evolución de la tensión superficial a lo largo del tiempo.

A partir de estas gráficas se podrá deducir la homología posible entre el valor de esta tensión con la evolución del curado de en cada adhesivo, la cual va a estar íntimamente ligada al tipo y condiciones de polimerización de éste.

3.2.2 MÉTODO DEL ANILLO

3.2.2.1 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

El equipo utilizado para la realización de este ensayo se muestra en la siguiente figura:

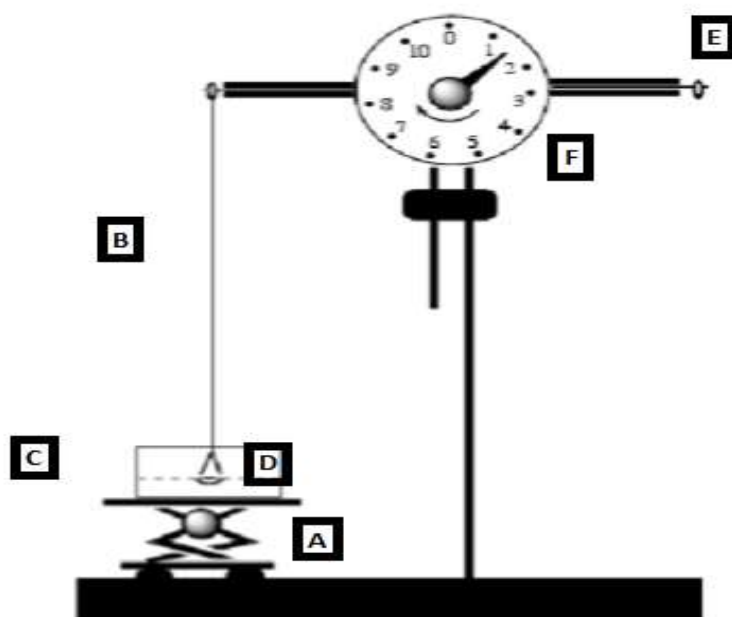


Figura 25 Equipo método del anillo.

Consta de:

- A. Elevador ajustable que permite situar el recipiente a la altura deseada.
- B. Cable o hilo de sujeción para el anillo.
- C. Cristalizador o recipiente el cual contiene el líquido a analizar.
- D. Anillo
- E. Rueda de ajuste para la altura vertical del anillo
- F. Dinamómetro que proporciona la fuerza ejercida

Como se puede observar, el funcionamiento del equipo es bastante sencillo. El anillo es bajado hasta llegar a la superficie del líquido (en ningún momento debe tocar la parte inferior del cristalizador); una vez que se encuentra correctamente situado y equilibrado se inicia el descenso del elevador a una velocidad muy baja, para conseguir obtener el

dato proporcionado por el dinamómetro justo en el instante en el que el anillo se separa de la superficie del líquido.

En nuestro caso se utilizó un dinamómetro cilíndrico, del cual colgaba directamente el hilo junto al anillo, por lo que a la fuerza obtenida se debía restar el propio peso del anillo junto con el cable.

3.2.2.2 CALIBRADO DEL EQUIPO CORRESPONDIENTE AL MÉTODO DEL ANILLO

Para llevar a cabo el análisis de las tensiones superficiales mediante este método, se ha realizado una calibración previa del equipo, ya que se trata de uno nuevo del que no se conoce ningún tipo de equivalencia ni factor de corrección propio.

Se han analizado cuatro líquidos de los cuales se conoce el valor de sus tensiones superficiales reales junto a sus componentes polares y dispersivas, tal y como se recoge en la siguiente tabla:

LÍQUIDO	COMPONENTE POLAR (mN/m)	COMPONENTE DISPERSIVA (mN/m)	TENSIÓN SUPERFICIAL (mN/m)
AGUA DESTILADA	51	21.8	72.8
DIYODOMETANO	0	50.8	50.8
PENTANODIOL	15.7	27.6	43.3
GLICEROL	26.4	37	63.4

Tabla 5 Tensión superficial real de líquidos utilizados en la calibración.

Durante la medición de la tensión superficial de cada líquido, se han realizado cinco medidas de cada una de ellas, tomándose como valor final el valor promedio de éstas, y así asegurar una mayor precisión en los resultados.

Una vez obtenida la fuerza media en cada líquido, se ha utilizado la fórmula proporcionada y ya explicada en la descripción teórica de este método, para así obtener la tensión superficial en cada líquido. En ella se han tenido en cuenta dos valores constantes

Para la utilización de esta fórmula se ha tenido en cuenta dos valores constantes a lo largo de todo el análisis:

$$\sigma = \frac{f}{4 \cdot \pi \cdot r}$$

Siendo:

· f la diferencia entre la fuerza obtenida en la medición y el peso del anillo en ausencia de cualquier líquido. $P_{\text{anillo}} = 0.0675 \text{ N}$

· r (el valor del radio interior del anillo) = 0.0315 m

De esta forma se han obtenido los siguientes resultados:

LÍQUIDO	FUERZA MEDIA (N)	TENSIÓN SUPERFICIAL EXPERIMENTAL (mN/m)
AGUA DESTILADA	0.0979	76.79
DIYODOMETANO	0.0888	53.9
PENTANODIOL	0.0861	47.2
GLICEROL	0.0935	65.9

Tabla 6 Valores de tensión superficial experimental obtenidos por el método del anillo.

A partir de los datos obtenidos, es posible realizar una recta de calibración, para poder obtener una relación entre la respuesta instrumental del método y la propiedad que se está buscando (en este caso la tensión superficial).

A continuación se muestra la recta de calibración, así como su función y coeficiente de determinación (r^2) obtenido tras comparar los valores reales de tensión superficial y los experimentales obtenidos en el método:

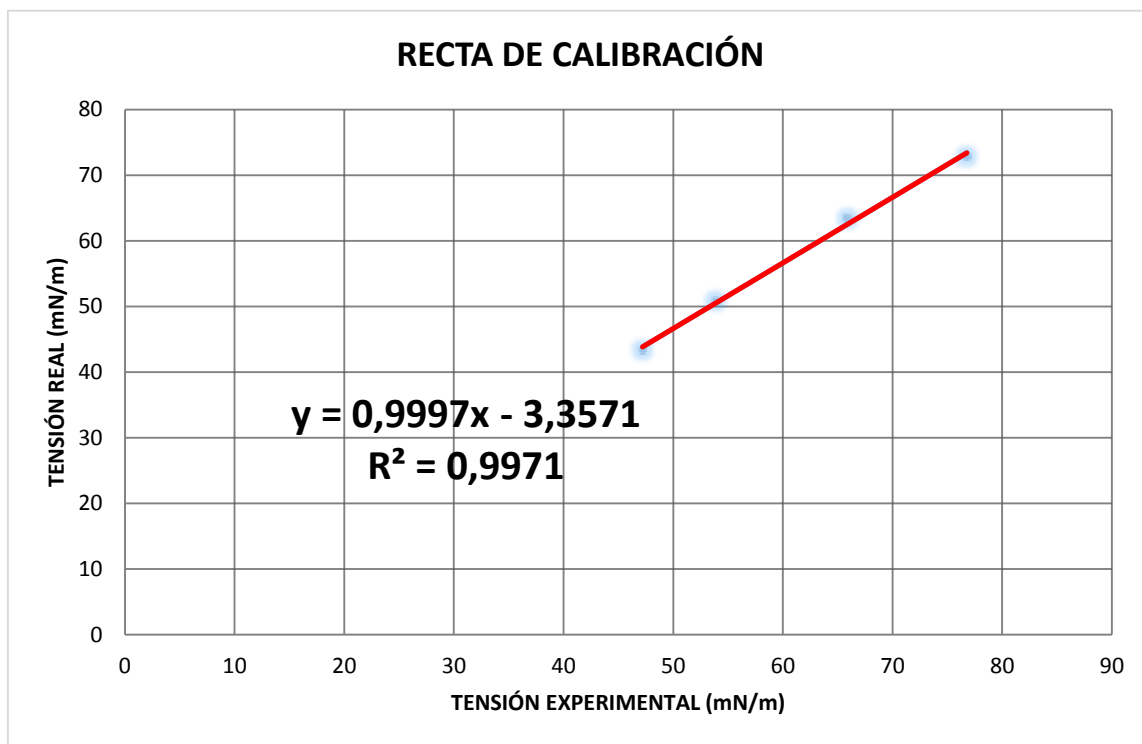


Gráfico 1 Recta de calibración del método del anillo.

La validación de un modelo, es decir, la confirmación de que el modelo es adecuado para nuestra finalidad, es tan importante como su establecimiento. Tradicionalmente esta validación, se suele llevar a cabo mediante la comprobación del coeficiente de determinación (r^2), que es el cuadrado del coeficiente de correlación (r).

El coeficiente de determinación nos proporciona la correlación entre las variables x e y . Este valor se encuentra siempre comprendido entre -1 y 1. Tradicionalmente se ha considerado que un valor de r^2 superior a 0.99 parece garantizar la bondad del ajuste de los puntos experimentales a la recta de calibrado (1).

En este caso se observa como el valor es bastante cercano a la unidad, por lo que se puede considerar que la recta de calibración es válida, y la respuesta instrumental una vez introducida en la fórmula correspondiente al calibrado, va a ser bastante similar a los valores reales de la tensión superficial que se busca.

A pesar del buen resultado que nos proporciona el coeficiente de determinación, se debe tener en cuenta muchos factores influyentes que pueden ocasionar que la respuesta del método no sea del todo viable o totalmente conforme con los datos reales. Estos aspectos a tener en cuenta y los cuales pueden alterar los resultados son:

- El método del anillo, tal y como se ha explicado en la descripción de éste en el capítulo 3 requiere de un anillo de platino-iridio perfectamente limpio, en cambio en este análisis se utiliza un anillo de aluminio, lo que puede ocasionar alguna diferencia en el valor de la fuerza de ruptura, ya que no se asegura que el ángulo de contacto cero.
- Los datos presentados en la tabla 5 se corresponden a datos de tensión superficial reales de esos líquidos a una temperatura de 20°, sin embargo, durante la realización del ensayo, a pesar de no proporcionar ningún aporte calorífico a los líquidos, no se puede asegurar la exactitud de esta temperatura. Ya se sabe además, que la temperatura es un factor directo de variación con respecto a la tensión superficial y a medida que aumenta, el valor de la tensión superficial va a disminuir ya que las fuerzas de cohesión disminuyen al aumentar la agitación térmica.
- Por último, se debe de tener en cuenta también la dificultad que requiere la precisión para lograr que el contacto entre el anillo y el líquido se produzca siempre de forma correcta y en las mismas condiciones (profundidad sumergida, tiempo de espera, velocidad de ascenso del anillo, reposo completamente plano del anillo sobre la superficie del líquido, etc...).
-

Cabe destacar que para lograr estos resultados, se desarrolló el análisis dos veces, ya que en la primera toma de medidas, el coeficiente de correlación proporcionaba un valor poco cercano a la unidad con lo que no se aseguraba la viabilidad y validación de este método.

La calibración de este método va a servir para poder determinar o aproximar las tensiones superficiales reales de algunos adhesivos que van a ser ensayados mediante este método tal y como se muestra a continuación.

3.2.2.3 Tensión Superficial de Adhesivo ANAERÓBICO: Loctite 270

Una vez calibrado este método, se procede al análisis de distintos adhesivos a lo largo de su etapa de curado.

En primer lugar se va a analizar un adhesivo de tipo anaeróbico: Loctite 270, cuya ficha técnica se puede encontrar en el anexo II al final de la presente memoria. Se van a realizar de nuevo cinco medidas de fuerza por cada prueba realizada, para obtener un promedio de ellas como valor final. El adhesivo es simplemente depositado en una placa circular de vidrio y en ella se introduce el anillo colgado mediante un sistema de hilo de torsión.

A continuación se muestra los valores de tensión superficial obtenidos:

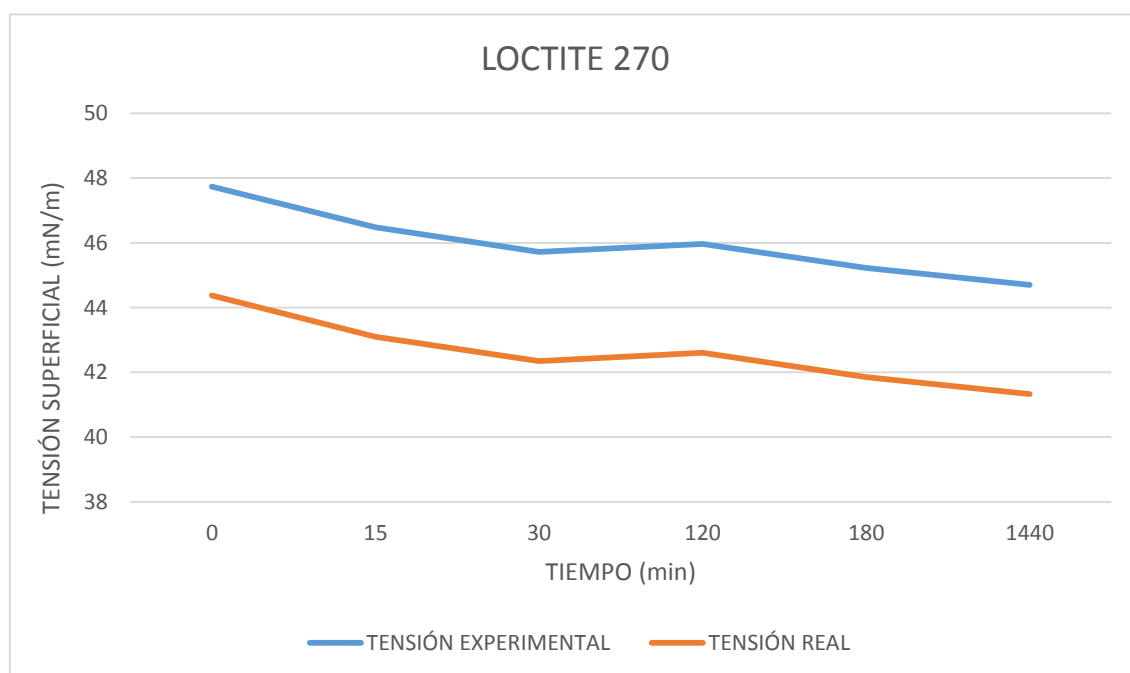


Gráfico 2 Evolución tensión superficial Loctite 270.

TIEMPO (min)	0	15	30	120	180	1440
FUERZA (N)	0.0864	0.0859	0.0856	0.0857	0.0854	0.0852
TENSIÓN EXPERIMENTAL (mN/m)	47.74	46.48	45.72	45.97	45.22	44.7
TENSIÓN REAL (mN/m)	44.37	43.1	42.35	45.6	41.85	41.33

Tabla 7 Resultados del análisis Loctite 270.

En la gráfica 2, se puede observar como la tensión superficial del adhesivo apenas sufre cambios a lo largo del tiempo. Se demuestra entonces, que bajo las condiciones a las que se está operando, el proceso de curado no se inicia y esto se debe principalmente a que un adhesivo o un sellador anaeróbico no reacciona en presencia de aire. Para que el proceso de polimerización de este tipo de adhesivo se inicie, éste debe encontrarse en ausencia de aire y presencia de iones metálicos.

Como muestra la gráfica, el adhesivo llega a ensayarse hasta una semana después de su exposición y los cambios experimentados en su tensión superficial son mínimos.

Cabe destacar que debido a que el anillo utilizado es metálico, más concretamente de aluminio (considerado superficie pasiva, es decir, el curado va a ser más lento que si se tratara de una superficie activa como el acero o hierro), es necesario la rápida toma de medidas evitando un prolongado tiempo de contacto entre éste y el adhesivo ya que debido a la profundidad (por muy pequeña que sea) a la que se introduce en el adhesivo, se cumplen las condiciones de curado (ausencia de aire y presencia de iones metálicos).

La mínima disminución de los valores de la tensión superficial que se observa, puede deberse a efectos externos (humedad, agentes contaminantes, partículas existentes en el propio ambiente...) que no participan en la activación del proceso de curado pero si pueden afectar y participar en un proceso de degradación del propio adhesivo, el cual afecte de forma directa a sus propiedades y características mecánicas, físicas y químicas.

3.2.2.4 Tensión Superficial de Adhesivo Cianocrilato: Super Ceys

Ahora el adhesivo analizado es de tipo cianocrilato: Super Ceys, cuya ficha técnica se puede encontrar en el anexo 2 al final de la presente memoria. Para el estudio se realizan cinco tomas de fuerza por cada prueba realizada, y así obtener un promedio de ellas como valor final, obteniéndose los siguientes resultados:

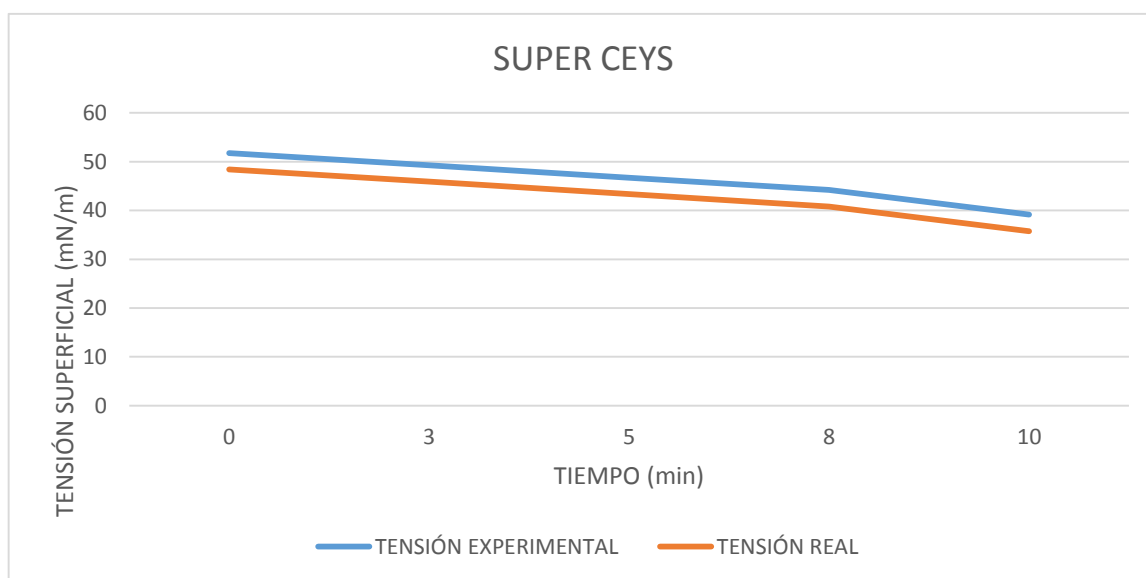


Gráfico 3 Evolución tensión superficial Super Ceys.

TIEMPO (min)	0	3	5	8	10
FUERZA (N)	0.088	0.087	0.086	0.085	0.083
TENSIÓN EXPERIMENTAL (mN/m)	51.79	49.26	46.73	44.20	39.15
TENSIÓN REAL (mN/m)	48.42	45.89	43.36	40.83	35.78

Tabla 8 Resultados del análisis Super Ceys.

Los adhesivos cianocrilatos tienen un proceso de curado cuyo inicio se debe a iones hidroxilo proporcionados por la humedad adsorbida en la superficie de los dos sustratos a unir, es decir, se necesita de dos superficies y cierta humedad relativa en ellas. En el método desarrollado, no se ha proporcionado esta situación, por lo que no deberían existir cambios notables en la evolución de la tensión superficial.

Como se puede observar en la gráfica 3 si se ha producido un moderado descenso en el valor de la tensión superficial. Además, el ensayo solo ha sido posible desarrollarlo durante un período de tiempo bastante bajo en comparación con los demás, a partir de los 8 minutos es imposible desarrollar este método y obtener por lo tanto resultados sobre la tensión superficial del adhesivo.

Esto fue consecuencia directa del progresivo endurecimiento (curado) del adhesivo cianocrilato. Este endurecimiento no se debería producir, ya que teóricamente, una gota o cordón de cianocrilato situado en una superficie normal no ácida, debe permanecer líquida durante un largo periodo de tiempo (también debe tenerse en cuenta que para que el proceso de polimerización inicie, la cantidad o espesor del adhesivo debe de ser mínima).

A pesar de estas condiciones, hay que tener en cuenta la estrecha relación del curado de este tipo de adhesivos con la humedad relativa del aire, por la que los tiempos de curado van a disminuir a medida que esta humedad sea mayor. En el laboratorio donde se realizó el ensayo, existe una humedad relativa que afectará directamente al adhesivo, ya que en este método no se utiliza ningún tipo de mecanismo para aislar al adhesivo del ambiente, y esto junto a la consideración de adhesivo instantáneo que posee éste (los tiempos de endurecimiento en función de los materiales de los sustratos son mínimas según la ficha técnica incluida en el anexo) pueden considerarse como explicación al inicio o pequeña polimerización del adhesivo que justificaría el descenso de la tensión superficial observada en los resultados.

3.2.2.5 Tensión Superficial de Adhesivo Bicomponente: Araldite rápido (Ceys)

Para el análisis de este adhesivo, se van a realizar dos procesos independientes que posteriormente serán comparados.

El primer análisis consiste en el estudio de la tensión superficial de ambos componentes del adhesivo por separado, la resina (parte A) y el endurecedor (parte B), mediante el método del anillo. A continuación se muestran las tensiones superficiales obtenidas en ambas partes (estas tensiones ya se corresponden con las reales, ya se ha aplicado el método de calibrado en los datos experimentales obtenidos):

- Parte A (Resina):

TIEMPO (min)	0	5	30	60	1440
FUERZA (N)	0.107	0.105	0.1045	0.104	0.10
TENSIÓN EXPERIMENTAL (mN/m)	99.78	94.73	93.47	92.20	82.10
TENSIÓN REAL (mN/m)	96.39	91.34	90.08	88.82	78.71

Tabla 9 Resultados del análisis Araldite rápido (Resina).

- Parte B (Endurecedor):

TIEMPO (min)	0	5	30	60	1440
FUERZA (N)	0.109	0.109	0.107	0.105	0.10
TENSIÓN EXPERIMENTAL (mN/m)	104.84	104.84	99.78	94.73	82.10
TENSIÓN REAL (mN/m)	101.09	101.09	96.39	91.34	78.71

Tabla 10 Resultados del análisis Araldite rápido (Endurecedor).

Como se puede observar en ambos casos, los valores de tensión superficial son altos, esto es consecuencia directa de la alta viscosidad que presentan ambos compuestos. En la variación sufrida a lo largo del tiempo se observa una progresiva disminución, en la cual no se aprecia ningún cambio brusco, por lo que no podemos afirmar que el proceso de curado se haya iniciado o se esté desarrollando. Cabe destacar que la variación de la tensión superficial del endurecedor es un poco mayor que la de la resina; como consecuencia directa de su propia naturaleza al encontrarse en las condiciones ambientales del exterior de su envase: mayor temperatura, mayor humedad, agentes contaminantes...etc.

En este ensayo se ha analizado el valor de la tensión hasta 24 horas más tarde de la deposición del adhesivo, comprobando que incluso transcurrido ese tiempo, el proceso de polimerización no se inicia.

A partir del próximo método que se va a utilizar, se llevará a cabo el análisis de ambos componentes mezclados para observar si la variación de la tensión superficial muestra cambios considerables para demostrar o certificar que el proceso de curado se va a desarrollar y sus valores serán comparados con los obtenidos con el método del anillo utilizando la recta de calibración obtenida al inicio de este ensayo (en ella se incluirá también la gráfica correspondiente a este ensayo para observar mejor la comparativa).

3.2.3 MÉTODO DE LA GOTA COLOCADA (Sessile drop)

Como ya se ha explicado en el capítulo anterior, con este método se van a obtener los ángulos de contacto sobre la superficie de un adhesivo con ayuda de un sistema de goniómetro. A partir de estos ángulos, se conocerá la tensión superficial de dicho adhesivo y se podrán comparar los valores a lo largo del tiempo de curado del mismo.

Se van a realizar distintas mediciones, utilizando en cada una de ellas tres líquidos distintos requeridos por el método. La elección de estos líquidos es debida a las diferentes polaridades que posee cada uno, con el fin de determinar las componentes polar y dispersiva de la tensión superficial. En este caso se han elegido tres líquidos: agua destilada, pentanodiol y diiodometano.

En cada medida realizada además, se analizará el estudio de tres o cuatro gotas, de esta manera el programa pondera los datos obtenidos y mete su valor medio para calcular la tensión superficial.

Los tiempos elegidos para realizar las medidas se han seleccionado a partir de los datos suministrados por la ficha técnica de cada adhesivo en la cual el fabricante informa sobre el tiempo de curado y el tiempo de formación de la piel.

Para este método, se han analizado dos tipos de adhesivos, una silicona y un poliuretano. En cada uno de ellos, se han observado la variación de los ángulos de contacto así como la correspondiente tensión superficial obtenida.

3.2.3.1 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

El cálculo de los ángulos de contacto se realiza mediante un goniómetro. Este equipo está conformado por una serie de elementos apreciables en la siguiente figura y que a continuación se describen:

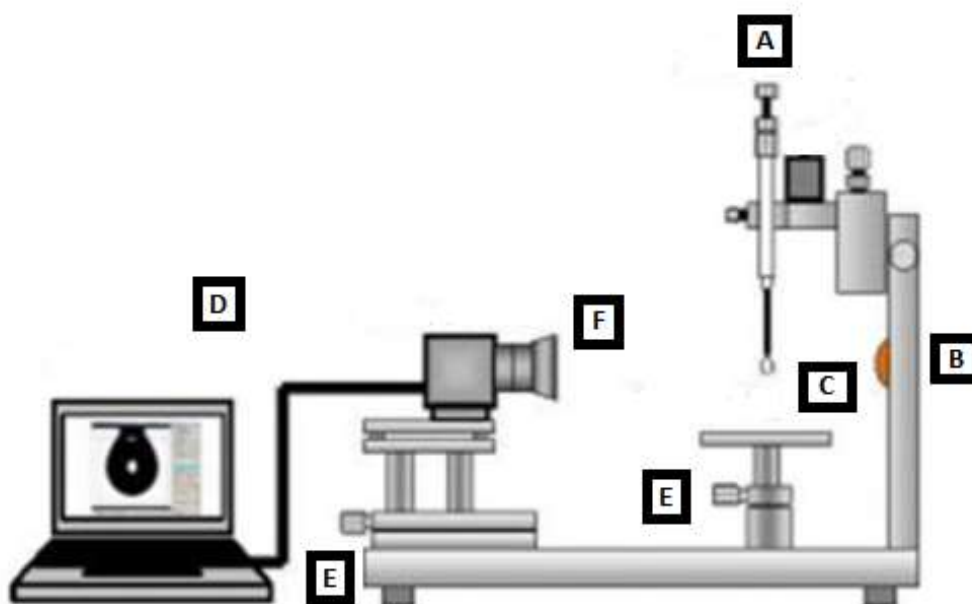


Figura 26 Equipo método de la cota colocada.

- A. Una jeringa de inyección eléctrica que permite depositar con precisión la gota sobre la superficie del sólido.
- B. Una fuente de luz que permite obtener el perfil de la gota en la superficie del sólido. Suele contener un filtro para facilitar la medida.
- C. Cámara termostática de vidrio o cuarzo, en la que se deposita el sólido. En su parte superior se encuentra la jeringa que contiene el líquido.
- D. Un sistema de adquisición de datos que permite realizar las medidas automáticamente, y que es compatible con un PC para la gestión de éstos.
- E. Rieles de posición para cuadrar correctamente la imagen.
- F. Cámara de video que permite obtener la imagen.

El uso de este equipo permite trabajar con gran precisión sin conllevar ello una gran dificultad. Inicialmente, la gota es depositada mediante la jeringa electrónica sobre la superficie que se desea analizar. A continuación, la cámara (ya sea a partir de una foto o video) capta la imagen de la gota.

Estos equipos crean la imagen al iluminar la gota desde atrás mediante una fuente de luz y de un ocular colocado a contraluz; entre estos dos elementos se coloca la muestra. En este proceso es importante conocer la posición que ocupan el conjunto cámara-superficie-gota, ya que es complicado conseguir una alineación perfecta. El ocular, la muestra y la fuente de luz no se encuentran alineados, sino que la cámara tiene un cierto ángulo de elevación con respecto a la muestra, lo que hace que, al estar a contraluz, se obtenga una imagen de la gota reflejada en la superficie del sólido. Así en la imagen se observan dos gotas simétricas, en la que la gota inferior es el reflejo de la superior sobre la superficie del sólido. Y es esta línea de simetría, la que define la línea base del sistema gota-superficie.

A continuación se pueden observar tres ejemplos de imágenes recogidas por la cámara:

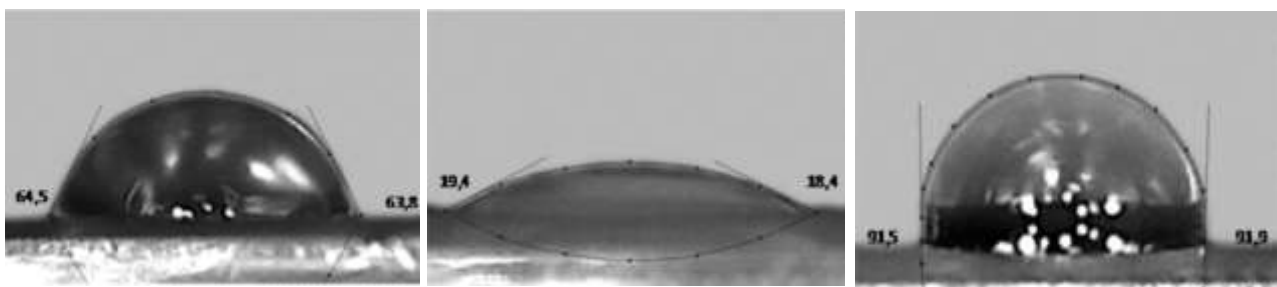


Figura 27 Ejemplos de perfiles de gota analizados en el ensayo.

Existen tres parámetros fundamentales para realizar una buena medida; todos ellos son de tipo óptico, y la finalidad de su optimización es conseguir un perfil de gota lo suficientemente nítido para poder apreciar bien el perfil y la línea base de la gota; son los siguientes:

- A. Distancia de trabajo
- B. Amplitud del zoom.
- C. Contraste.

3.2.3.2 TENSIÓN SUPERFICIAL DE SILICONA: Silicona Scotch-Weld SC6152

Para comentar el proceso de curado de esta silicona, se parten de los datos de ángulos medios obtenidos y recogidos en la siguiente tabla:

TIEMPO (min)	AGUA DESTILADA	DIODOMETANO	PENTANODIOL
0	79.2	68	69.7
15	72.8	80.8	69.3
30	88.8	81.5	78.1
120	97.4	79	84.2

Tabla 11 Ángulos de contacto correspondientes a silicona Scotch-Weld SC 6152.

A partir de los ángulos obtenidos, el programa informático (ya explicado anteriormente) proporciona el valor de la tensión superficial asociada a cada medida tomada durante el proceso de curado. El valor de estas tensiones se recoge en la gráfica 4.

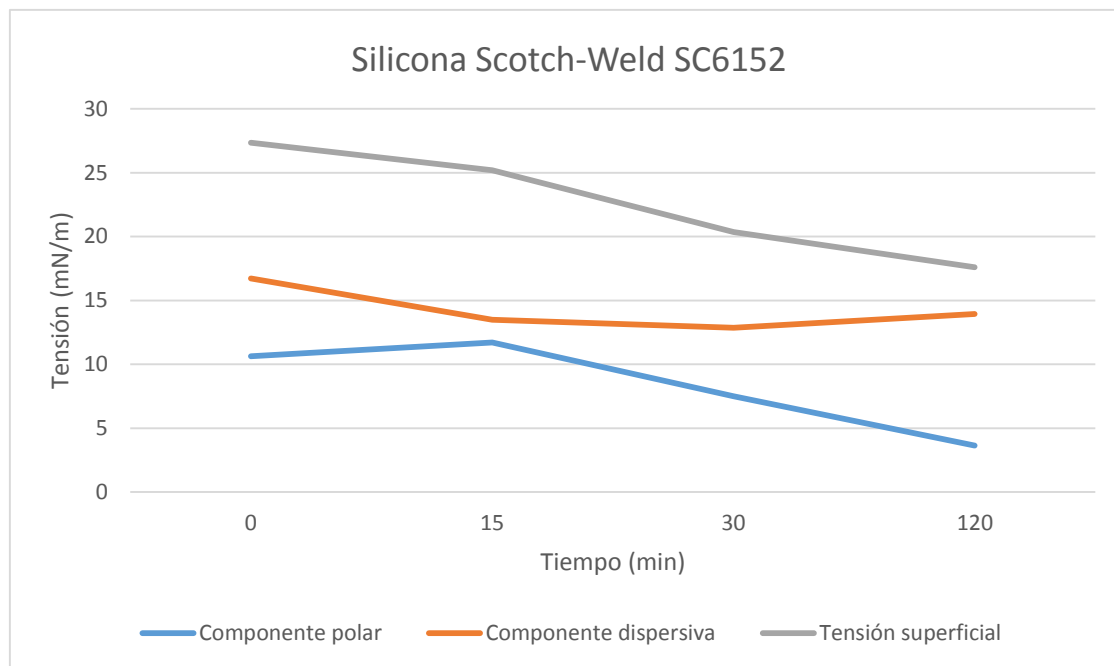


Gráfico 4 Evolución tensión superficial silicona Scotch-Weld SC6152.

En el resultado obtenido tras el análisis de los ángulos, se observa como el valor de éstos aumenta de manera progresiva a medida que avanza el tiempo (existen algunos datos intermedios que no cumplen esta regla y puede ser debido a la realización del promedio de las cinco medidas). Con el aumento de estos ángulos se puede afirmar que la mojabilidad de la superficie va a disminuir a medida que se va realizando la polimerización del adhesivo, en este caso la silicona, y por tanto las fuerzas adhesivas entre el adhesivo y el posible sustrato a unir van a ir disminuyendo a medida que pase el tiempo si no se realiza la adhesión entre ambos.

En la gráfica 4 se observa la situación análoga de lo ya visto en los ángulos de contacto pero desde un punto de vista más energético.

Para analizar la tensión superficial y capacidad de adhesión del adhesivo, se debe observar el comportamiento de la componente polar, cuyo valor se mantiene más o menos constante hasta los 15 minutos, y a partir de ahí su valor desciende hasta ser prácticamente nulo. Según se recoge en la ficha técnica de este adhesivo, el tiempo aproximado para la formación de la piel es de 30 minutos. Como se observa, en un rango aproximado entre los 15 y estos 30 minutos, la caída de la tensión superficial es más rápida, esto puede ser entendido como el rango de tiempo correspondiente a dicha formación, ya que a partir de

entonces, aunque la tensión superficial sigue disminuyendo, lo hace de una forma menos brusca y tendiendo con el tiempo a un valor fijo.

3.2.3.3 TENSIÓN SUPERFICIAL DE POLIURETANO: Sikaflex 252

En el caso del poliuretano, se van a obtener los resultados siguientes:

TIEMPO (min)	AGUA DESTILADA	DIYODOMETANO	PENTANODIOL
0	50.9	32.6	31.7
30	53.2	34.7	50.2
45	75.2	36.8	56.3
120	88.56	41.4	64.3

Tabla 12 Ángulos de contacto correspondientes a poliuretano Sikaflex 252.

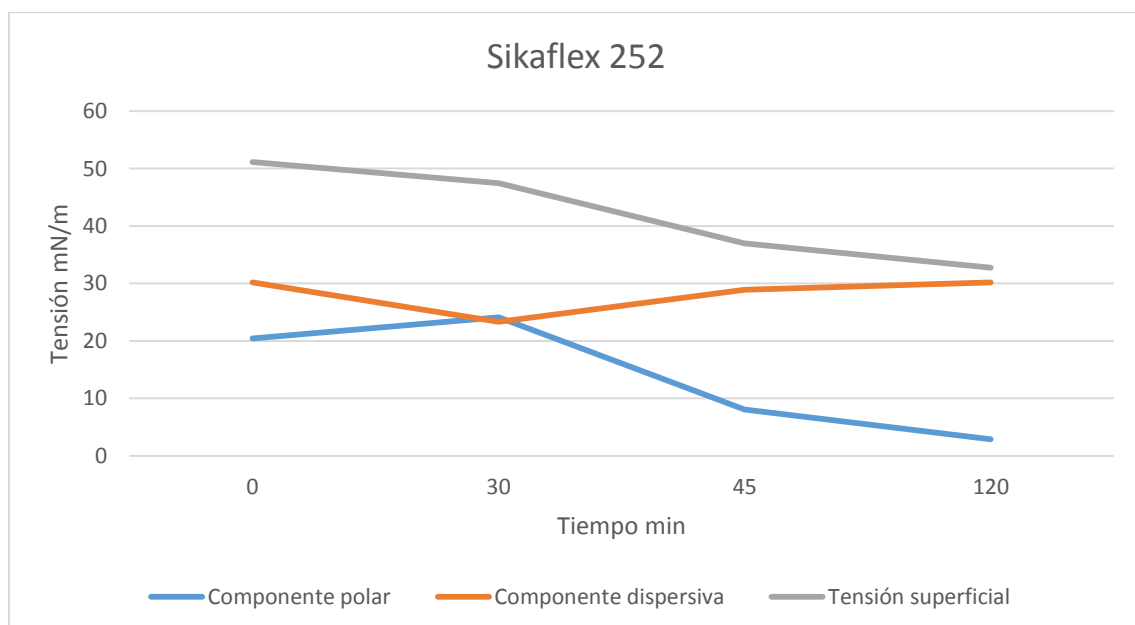


Gráfico 5 Evolución tensión superficial poliuretano Sikaflex 252.

En este ensayo, ocurre lo mismo que con la silicona, aunque los valores de los ángulos son menores, es decir, la superficie de este adhesivo poliuretano va a ser mojada con mayor facilidad que la superficie de la silicona, y por lo tanto su tensión superficial deberá ser mayor.

Llegando hasta los 120 minutos de ensayo no se ha alcanzado al valor límite de los 90° , los cuales marcan la no mojabilidad de la superficie, es decir, en este caso, el proceso de curado va a ser más lento que el de la silicona tal y como se puede comprobar en sus fichas técnicas.

Para este adhesivo, el tiempo de formación de la piel ronda los 40 minutos, y como anteriormente se ha hecho, observamos que en la recta perteneciente a la componente polar, el valor de la pendiente va a tomar el mayor valor cuando nos encontramos en este tiempo. Esto nos informa que durante la formación de dicha piel, la tensión superficial del adhesivo va a experimentar su mayor descenso.

3.2.3.4 TENSIÓN SUPERFICIAL DE ADHESIVO BICOMPONENTE: Araldite rápido (Ceys)

Como se ha indicado en el método anterior, se va a desarrollar el estudio de la tensión superficial de un adhesivo bicomponente ya mezclado. Cabe destacar, como indica la ficha técnica de este adhesivo (anexo numero), que el tiempo útil de mezcla es de 5 a 10 min, por lo que se supone que el cambio considerable en la tensión superficial del adhesivo debe producirse a partir de este tiempo aproximadamente.

En este caso, debido a la mayor rapidez de curado del adhesivo, no se van a poder realizar la medida de más de dos gotas por líquido utilizado, para acelerar el estudio y poder apreciar mejor los cambios progresivos. La diferencia con el otro ensayo se encuentra en los tiempos de toma de medida; en este caso se ha realizado medida a los 5 y 10 min ya que según la ficha técnica es en este tramo temporal en el cual se produce la formación de la piel y el inicio del curado.

A continuación se recogen los valores de la tensión superficial obtenida a lo largo del tiempo mediante el método de la gota colocada:

TIEMPO (min)	0	5	10	30	60
TENSIÓN SUPERFICIAL (mN/m)	86.91	77.85	60.77	47.85	42.51

Tabla 13 Valores de tensión superficial Araldite rápido por el método de la gota colocada.

Como se observa, aquí si se produce un cambio considerable en el valor de la tensión, por lo que se puede afirmar que debido a la reacción entre los dos componentes, el proceso de curado se inicia (al contrario que pasaba en el ensayo donde la tensión superficial obtenida era de los componentes por separado).

En la siguiente tabla se muestra la comparativa de los valores que se hubieran obtenido de haber utilizado el método del anillo (método inviable para realizarlo directamente con este adhesivo debido a su alta viscosidad y a su rápido proceso de curado):

TIEMPO (min)	TENSIÓN SUPERFICIAL MÉTODO GOTA (mN/m)	TENSIÓN SUPERFICIAL MÉTODO ANILLO (mN/m)
0	90.30	86,91
5	81.24	77.85
10	64.15	60.77
30	51.23	47.85
60	45.89	42.51

Tabla 14 Valores de tensión superficial Araldite rápido aplicando la recta de calibración.

Los datos han sido obtenidos gracias a la recta de calibración anteriormente explicada tanto su significado como su proceso de realización (los valores que se utilizaron referentes a la tensión superficial teórica de los líquidos, fueron sacados del propio programa de la gota colocada, por lo que podemos considerar que son análogos a los datos de tensión superficial de este adhesivos obtenidos en ese mismo método).

A continuación el gráfico 6 se puede observar la evolución de la tensión superficial experimental a lo largo del tiempo, en el cual se puede comprobar el cambio notable de progresión cuando los componentes se encuentran unidos o por separado.

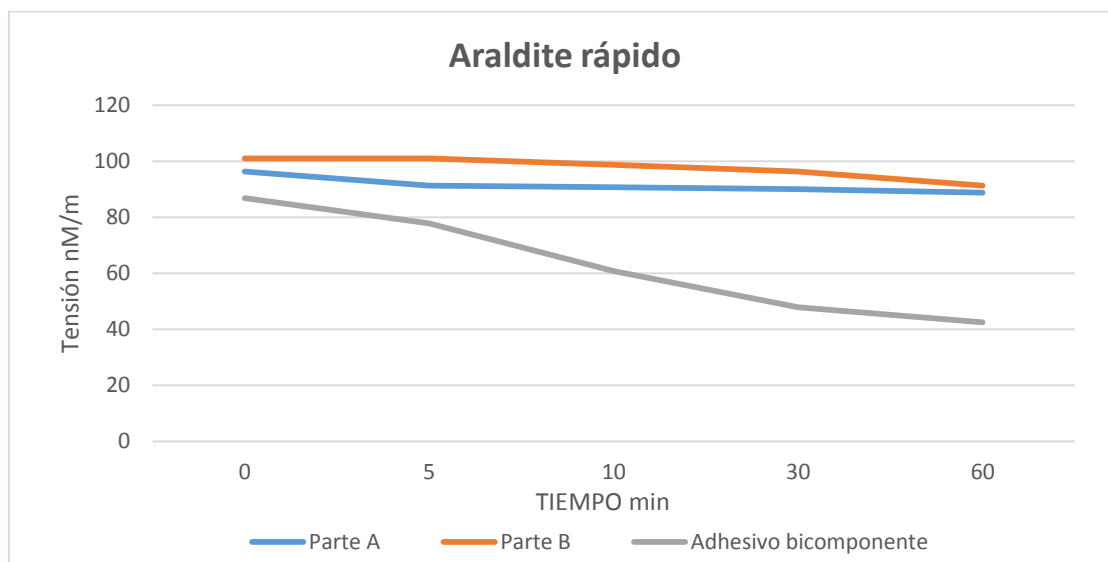


Gráfico 6 Comparativa evolución Araldite resina, endurecedor y bicomponente.

4. CONCLUSIONES

4.1 CONCLUSIONES

El presente proyecto se pretende destacar la importancia que representa la tensión superficial en el proceso de curado de los adhesivos. De forma contundente se ha demostrado que independientemente del tipo de polimerización, el valor de **la tensión superficial** va **disminuyendo** a medida que se **produce el curado** del adhesivo; presentando los valores más altos en el momento donde se realiza la adhesión y los más bajos una vez producida la solidificación de éste.

También se ha demostrado experimentalmente, la **necesidad** de disponer de las **condiciones imprescindibles** para que se den **las reacciones de polimerización** en cada tipo de adhesivo; si no se dispone de ellas, el valor de la tensión superficial apenas presenta cambios destacables, por lo que la mojabilidad y estado físico del adhesivo no varía.

A rasgos generales, existen dos sucesos en los cuales el valor de la tensión superficial requiere unos valores adecuados para que se produzca una correcta adhesión:

- En el momento de **adherir los sustratos** mediante el adhesivo: es importante que el valor de **la tensión superficial del adhesivo** sea la **más alta** posible para así conseguir que moje correctamente dichas superficies.
- Cuando se produce la **completa solidificación (curado) del adhesivo**: una vez desarrollado el curado del adhesivo de manera íntegra, **la tensión superficial de éste** debe ser lo **más baja** posible, casi consiguiendo que su mojabilidad sea nula. La posible absorción de agua o cualquier otra sustancia por parte del adhesivo conlleva un elevado riesgo desde el punto de vista de degradación de éste e incluso de degradación de los sustratos (si el adhesivo es mojado por agua, puede absorberla y llegar a producir capas húmedas en contacto con el sustrato adherido produciendo la corrosión de este).

En cuanto a los resultados obtenidos en ambos métodos empleados para la medida de la tensión superficial, se puede establecer el método de la gota colocada como el más preciso para conocer el valor exacto de esta propiedad. Esto no solo se debe a considerar que el tratamiento automático y digital de los datos se acerca más a la realidad, si no a que los datos obtenidos por el método del anillo no siguen una correlación exacta como pasa con los teóricos. Aun así ya han sido explicadas en el método una serie de factores que no hacen que los resultados de éste puedan considerarse como óptimos.

Cabe matizar que como ya se explicó en las propiedades de la tensión superficial, la temperatura influye de manera directa sobre el valor de ésta. En este proyecto, no se han estudiado las variaciones que producen los cambios de temperatura sobre los valores de la tensión, y se considera que todos ellos han sido tomados a una temperatura constante de 23°C.

4.2 TRABAJOS FUTUROS

En la actualidad existen grandes estudios y avances en cuanto a lo que tensión superficial y mojabilidad de las superficies se refiere, pero no ocurre lo mismo en el campo de los adhesivos, en los cuales el aspecto “superficial” pasa a un segundo plano.

Con este proyecto, más que buscar resultados exactos y precisos para futuras investigaciones, se ha buscado demostrar la íntima relación existente entre el concepto de tensión superficial, mojabilidad y polimerización del adhesivo.

El estudio de la durabilidad de uniones adhesivas o la degradación de los propios adhesivos (desde que se fabrican, envasan, conservan, hasta que se usan) pueden ser tratados también con el uso de métodos que proporcionen datos sobre la tensión superficial de éstos.

También puede utilizarse conocimientos sobre la tensión superficial para el desarrollo de estudios que permitan ampliar el tipo de materiales que cada adhesivo puede llegar a unir; generando así adhesivos más universales cuya aplicación sea válida en un alto número de materiales.

En lo que respecta a este proyecto en sí, un trabajo futuro primordial consistirá en obtener una mejora en la recta de calibración calculada, que permita una directa relación entre los valores obtenidos por ambos métodos.

BIBLIOGRAFÍA

- ❖ Asunción Bautista, Miguel Ángel Martínez Casanova, Apuntes “**Ingeniería de Superficies**”, Universidad Carlos III Madrid, Escuela Politécnica, Madrid 2014.
- ❖ Real Academia Española. Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua. Recuperado el 28 de Agosto de 2015, de <http://lema.rae.es/drae/?val=adhesivo>
- ❖ James N. Miller, Jane C. Miller, “**Estadística y Quimiometria para Química analítica**”, Editorial Prentice Hall, 2002.
- ❖ J.M. Martín Martínez, A.C, Orgilés Barceló, “**Adhesión y adhesivos de contacto**”. Editorial INESCOP y Universidad de Alicante, 1991.
- ❖ Mario Madrid, “**Tecnología de la adhesión**”, Loctite España.
- ❖ Jean L. Salager, Raquel Antón, “**Métodos de medición de la tensión superficial o interfacial**”, Cuaderno FIRP S205-B, Universidad de Los Andes, Escuela de Ingeniería Química, Mérida-Venezuela, 2005.
- ❖ Jean L. Salager, “**Adsorción y mojabilidad**”, Cuaderno FIRP S160A, Universidad de Los Andes, Escuela de Ingeniería Química, 2º Edición, Mérida-Venezuela, 1998.
- ❖ La web de los adhesivos, Recuperado el 10 de Agosto de 2015, de <http://www.losadhesivos.com>.
- ❖ Pedro Manuel Gea Jódar, Tesis Doctoral “**Mojado en condiciones de no-equilibrio sobre superficies reales**”, Universidad de Granada, 2006.
- ❖ Gilbert W.Castellan, “**Fisicoquímica**”, Editorial Pearson, tema 18 “fenómenos superficiales”, Versión Española, 2º Edición, 1998.
- ❖ **Ficha técnica silicona Scotch-Weld SC6152**, Recuperado el 5 de Julio de 2015, de http://www.3mindustrial.cl/?s=Scotch-Weld+sc6152&site_section=site-search

- ❖ **Ficha técnica poliuretano Sikaflex 252**, recuperado el 5 de Julio de 2015, de http://esp.sika.com/es/solutions_products/document_download.html
- ❖ **Ficha técnica Loctite 270**, recuperado el 5 de Julio de 2015, de <http://www.loctite.es/busqueda-de-producto-4978.htm?nodeid=8802623619073>.
- ❖ **Ficha técnica Super Ceys**, recuperado el 5 de Julio de 2015, de http://www.mundoceys.com/nuestros-productos/adhesivos-y-pegamentos/instantaneos/?id_post=708.
- ❖ **Ficha técnica Araldite bicomponente**, recuperado el 5 de Julio de 2015, de http://www.mundoceys.com/nuestros-productos/adhesivos-y-pegamentos/adhesivos-epoxis-araldit/?id_post=584.

ANEXO 1. TABLAS RESULTADOS

A.1 MÉTODO DEL ANILLO

LÍQUIDO	FUERZA MEDIA (N)	TENSION EXPERIMENTAL(mN/m)
AGUA	0,0979	76,79
DIYODOMETANO	0,0888	53,9
PENTANODIOL	0,0861	47,2
GLICEROL	0,0935	65,9

Tabla 15 Tensiones experimentales de líquidos por el método del anillo.

LÍQUIDO	TENSION EXPERIMENTAL (mN/m)	TENSION REAL (mN/m)
AGUA	76,79	72,8
DIYODOMETANO	53,9	50,8
PENTANODIOL	47,2	43,3
GLICEROL	65,9	63,4

Tabla 16 Comparativa de tensiones reales y experimentales de líquidos.

TIEMPO (min)	0	15	30	120	180	1440
FUERZA 1	0,087	0,086	0,086	0,086	0,085	0,085
FUERZA 2	0,086	0,086	0,086	0,086	0,086	0,085
FUERZA 3	0,086	0,0855	0,086	0,085	0,086	0,085
FUERZA 4	0,086	0,086	0,085	0,086	0,085	0,0855
FUERZA 5	0,087	0,086	0,085	0,0855	0,085	0,0855
FUERZA MEDIA	0,0864	0,0859	0,0856	0,0857	0,0854	0,0852

Tabla 17 Fuerzas obtenidas por el método del anillo Loctite 270.

TIEMPO (min)	TENSIÓN EXPERIMENTAL (mN/m)	TENSIÓN REAL (mN/m)
0	47,74	44,37
15	46,48	43,1
30	45,72	42,35
120	45,97	42,6
180	45,22	41,85
1440	44,7	41,33

Tabla 18 Evolución tensión superficial Loctite 270.

TIEMPO (min)	0	3	5	8	10
FUERZA 1	0,089	0,086	0,085	0,085	0,081
FUERZA 2	0,087	0,085	0,084	0,085	0,083
FUERZA 3	0,088	0,089	0,088	0,084	0,084
FUERZA 4	0,088	0,085	0,086	0,085	0,084
FUERZA 5	0,088	0,089	0,088	0,086	0,083
FUERZA MEDIA	0,088	0,087	0,086	0,085	0,083

Tabla 19 Fuerzas obtenidas por el método del anillo Super Ceys.

TIEMPO (min)	TENSIÓN EXPERIMENTAL (mN/m)	TENSIÓN REAL (mN/m)
0	51,79	48,42
3	49,26	45,89
5	46,73	43,36
8	44,2	40,83
10	39,15	35,78

Tabla 20 Evolución tensión superficial Super Ceys.

TIEMPO (min)	FUERZA (N)	TENSIÓN EXPERIMENTAL (mN/m)	TENSIÓN REAL (mN/m)
0	0.107	99.78	96.39
5	0.105	94.73	91.34
30	0.1045	93.47	90.08
60	0.104	92.20	88.82
1440	0.10	82.10	78.71

Tabla 21 Evolución tensión superficial Araldite rápido (Resina).

TIEMPO (min)	FUERZA (N)	TENSIÓN EXPERIMENTAL (mN/m)	TENSIÓN REAL (mN/m)
0	0.109	104.84	101.09
5	0.109	104.84	101.09
30	0.107	99.78	96.39
60	0.105	94.73	91.34
1440	0.10	82.10	78.71

Tabla 22 Evolución tensión superficial Araldite rápido (Endurecedor).

A.2 MÉTODO DE LA GOTA COLOCADA

TIEMPO (min)	0	15	30	120
agua destilada	79,2	72,8	88,8	97,4
diiodometano	68	80,8	81,5	79
pentanodiol	69,7	69,3	78,1	84,2

Tabla 23 Ángulos de contacto correspondientes a silicona Scotch-Weld SC6125.

TIEMPO (min)	COMPONENTE POLAR (mN/m)	COMPONENTE DISPERSIVA (mN/m)	TENSIÓN SUPERFICIAL (mN/m)
0	10,62	16,72	27,34
15	11,71	13,48	25,2
30	7,49	12,87	20,36
120	3,65	13,95	17,6

Tabla 24 Evolución tensión superficial silicona Scotch-Weld SC6125.

TIEMPO (min)	0	30	45	120
agua destilada	30,1	53,2	75,2	88,56
diiodometano	32,6	34,7	36,8	41,1
pentanodiol	31,7	50,2	56,3	64,3

Tabla 25 Ángulos de contacto correspondientes a poliuretano Sikaflex.

TIEMPO (min)	COMPONENTE POLAR (mN/m)	COMPONENTE DISPERSIVA (mN/m)	TENSIÓN SUPERFICIAL (mN/m)
0	20,45	30,19	51,13
30	24,11	23,35	47,47
45	8,06	28,91	36,97
120	2,85	30,17	32,76

Tabla 26 Evolución tensión superficial poliuretano Sikaflex.

TIEMPO (min)	0	5	10	30	60
TENSIÓN SUPERFICIAL (mN/m)	86.91	77.85	60.77	47.85	42.51

Tabla 27 Evolución tensión superficial Araldite (bicomponente)

TIEMPO (min)	TENSIÓN SUPERFICIAL MÉTODO GOTA (mN/m)	TENSIÓN SUPERFICIAL MÉTODO ANILLO (mN/m)
0	90.30	86,91
5	81.24	77.85
10	64.15	60.77
30	51.23	47.85
60	45.89	42.51

Tabla 28 Comparativa tensión superficial Araldite rápido (bicomponente) por método gota y método anillo.

ANEXO 2. FICHAS TÉCNICAS ADHESIVOS

Hoja de Datos del Producto
Versión 07/2009

Sikaflex®-252

Adhesivo Estructural

Datos Técnicos del Producto

Base química	Poliuretano 1 Componente
Color (CQP ¹⁾ 001-1)	Negro, blanco
Sistema de curado	Curado por humedad
Densidad (no curado) (CQP006-4)	1,16 kg/l - 1,22 kg/l dependiendo del color
Tixotropía	Muy bueno
Temperatura de aplicación	+10 °C - 35 °C
Tiempo de formación de piel (CQP019-1)	40 minutos aprox.
Velocidad de curado (CQP049-1)	(ver diagrama)
Contracción (CQP014-1)	6% aprox.
Dureza Shore A (CQP023-1 / ISO 868)	55 aprox.
Resistencia a la tracción (CQP036-1 / ISO 37)	4 N/mm ² aprox.
Alargamiento de ruptura (CQP036-1 / ISO 37)	> 300%
Resistencia a la propagación de desgarro (CQP045-1 / ISO 34)	9 N/mm aprox.
Resistencia a la cortadura por tracción (CQP046-1 / ISO 4587)	2,5 N/mm ² aprox.
Temperatura de transición vítrea (CQP509-1 / ISO 4663)	-40 °C aprox.
Resistencia eléctrica (CQP079-2 / ASTM D 257-99)	5 x 10 ⁹ Ω cm aprox.
Temperatura de servicio (CQP513-1)	permanente 4 horas 1 hora
	-40 °C a +90 °C 130 °C 150 °C
Vida de almacenaje (almacenado por debajo de 25 °C) (CQP016-1)	12 meses

¹⁾ CQP = Procedimiento de Calidad Corporativo ²⁾ 23 °C (73 °F) / 50% h.r.

Descripción

Sikaflex®-252 es un sellador poliuretánico de un componente, de consistencia pastosa que no oscurece y que endurece con la exposición a la humedad atmosférica formando un elastómero durable.

Sikaflex®-252 es fabricado de acuerdo con las normas ISO 9001 / 14001 del sistema de aseguramiento de calidad y con el programa "Responsible Care".

Beneficios del Producto

- Formulación de 1 componente
- Elástico
- Puede ser pintado
- Buena capacidad de relleno.
- Capaz de resistir altas tensiones dinámicas
- Amortigua vibraciones.
- No corrosivo
- Eléctricamente no conductivo.
- Une una gran variedad de materiales.

Áreas de Aplicación

Sikaflex®-252 es recomendado para juntas de estructuras que están sujetas a tensiones dinámicas. Indicado para superficies como madera, metales,

particularmente aluminio (incluso anodizados), láminas de acero fosfatado, cromado y zincado, metales con primer y pintura (sistemas de dos componentes), materiales cerámicos y plásticos. Solicite asesoramiento al fabricante antes de usar sobre plásticos que son propensos a resquebrajarse por tensiones internas.

Mecanismo de curado

Sikaflex®-252 endurece por reacción con la humedad atmosférica. En temperaturas bajas el volumen de agua en el aire es generalmente bajo y la reacción de



secado resulta más lenta (ver gráfico).

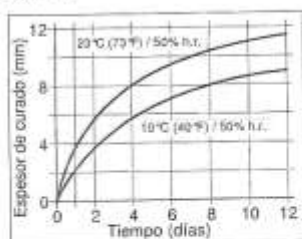


Diagrama 1: Velocidad de curado Sikaflex® 252

Resistencia Química

Sikaflex® 252 es resistente al agua fresca, agua de mar, agua de cal, aguas residuales, ácidos diluidos y soluciones cáusticas; temporalmente resistente a combustibles, aceites minerales, grasas vegetales y animales y aceites; no resistente a ácidos orgánicos, alcohol, ácidos minerales concentrados y soluciones cáusticas o solventes. La información anterior sólo se ofrece como guía general. Recomendaciones sobre aplicaciones específicas son suministradas a pedido.

Método de Aplicación

Preparación de la superficie: las Superficies deben estar limpias, secas y libres de todo rastro de grasa, aceite y polvo. Se recomienda preparar los materiales de acuerdo con las instrucciones dadas por la Hoja de Imprimación Sika. Información sobre aplicaciones específicas, disponibles a través del Depto. Técnico de Sika Industry.

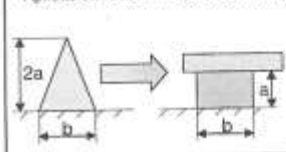
Aplicación

Para cartuchos: agujeree la membrana del cartucho y arránquela completamente.

Para sachets: coloque en la pistola aplicadora y quite el seguro de cierre en uno de los extremos. Corte la punta de la boquilla. Para asegurarse que el adhesivo tenga un espesor adecuado cuando se comprima, recomendamos aplicar el cordón del adhesivo en la forma de triángulo (ver ilustración).

No aplicar a temperaturas debajo de +10°C o arriba de +35°C. La temperatura óptima del material y sellador debe ser entre +15°C y +25°C. Para aplicación con cartucho recomendamos el uso de la pistola de aire comprimido tipo pistón. Para asesorías en la selección y colocación de un sistema de bombeo adecuado, así como las técnicas de aplicación con bomba, por favor contacte a nuestro Departamento de Servicio Técnico de Sika Industry.

Aplicación recomendada del cordón



Acabado y terminación:

El acabado y la terminación deben llevarse a cabo dentro del tiempo de formación de película. Recomendamos el uso de **Sika® Agent N**. Otros agentes o lubricantes deben probarse para verificar su compatibilidad.

Limpieza:

Sikaflex® 252 puede removerse de herramientas y equipamiento utilizando **Sika® Remover-206**. Una vez endurecido, el material sólo puede quitarse mecánicamente. Las manos y la piel expuesta deben lavarse inmediatamente usando un limpiador industrial conveniente y agua. No use solventes!

Pintado:

Sikaflex® 252 puede ser pintado después de la formación de piel. La pintura debe probarse para verificar la compatibilidad a través de ensayos preliminares. **Sikaflex® 252** No debe ser expuesto a temperaturas de hornos hasta que el adhesivo no haya endurecido completamente. Debe tenerse en cuenta que la dureza y espesor de la película de la pintura pueden dañar la elasticidad del sellador y puede quebrar la película de la pintura.

Información adicional:

Están disponibles a pedido las copias de las siguientes publicaciones:
-Hoja de Imprimación Sika
-Hoja de Datos de Seguridad

Información sobre Packaging

Cartucho	300 ml
Sachets	400 + 600 ml
Balde	23 l
Tambor	195 l

Advertencia al comprador:

La información y en particular las recomendaciones de esta Instrucción de Uso están basadas en los actuales conocimientos, experiencia, y en pruebas que consideramos seguras sobre los productos apropiadamente almacenados, manipulados y utilizados en las condiciones normales descriptas.

En la práctica, y no pudiendo controlar las condiciones de aplicación (temperatura, estado de los sustratos, etc.), no nos responsabilizamos por ningún daño, perjuicio o pérdida ocasionadas por el uso inadecuado del producto. Aconsejamos al usuario que previamente determine si el mismo es apropiado para el uso particular propuesto. Todos los pedidos están sujetos a nuestros términos corrientes de venta y entrega. Los usuarios deben siempre remitirse a la última edición de la Instrucción de Uso del producto, que le será suministrada ante su solicitud.

Indicaciones de Protección del Medio Ambiente

No arrojar el producto o envase a la tierra o a cursos de agua o desagües. Respetar las indicaciones locales vigentes respecto de los residuos y/o desechos. Si fuera necesario, consultar la HOJA DE SEGURIDAD DEL PRODUCTO, solicitándola al fabricante.

Información de Seguridad y Salud

Para información y recomendaciones sobre la correcta manipulación, almacenamiento y eliminación de los productos químicos, los usuarios deberán



referirse a la actual Hoja de Seguridad (MSDS) la cual contiene datos de seguridad relacionados a los aspectos físico, ecológicos, toxicológicos y otros datos relacionados a la seguridad.

Nota Legal

Todos nuestros productos han sido fabricados de acuerdo con las normas de exactitud Sika ejerciendo toda la precaución razonable. La información que suministramos es correcta de acuerdo con nuestra experiencia; los productos, tal como se venden, cumplen los fines para los cuales han sido fabricados. No obstante no se responde por variaciones en el método de empleo, condiciones en que sean aplicados o si son utilizados en forma que afecten cualquier patente propiedad de otros. Para mayor información técnica y consejos especializados referentes a su problema, póngase en contacto con nuestra División Industry.



SIKI ARGENTINA S.A.I.C.
 Juan Baulista Alberdi 5250 -
 (B1678CSI) Caseros
 Provincia de Buenos Aires
 Tel.: 4734-3500 y líneas rotativas
 Fax: 4734-3555
 Asesoramiento Técnico: 4734-3532
 4734-3502
 Dirección de Internet:
www.sika.com.ar
 E-Mail: info.gral@ar.sika.com



Empresa adherida
 al "Programa de
 Cuidado Responsable
 del Medio Ambiente"



Sika Argentina S.A.I.C.
 Certificado de "Sistema de
 Gestión Ambiental" ISO
 14001



Sika Argentina S.A.I.C.
 Certificado de "Sistema
 de Gestión de la
 Calidad" ISO 9001



Sika Argentina S.A.I.C.
 Certificado de "Sistema de
 Gestión de Seguridad y
 Salud Ocupacional"
 IRAM 3800/ OHSAS 18001

FICHA TÉCNICA

Edición: 11/1/06

Últ.revisión: 30/6/08



PRODUCTO

SuperCeys Unick

PRESENTACIONES

5 gr

Refs. SAP

504202

Descripción

Adhesivo instantáneo de cianoacrilato, en base etilester modificado, que permite rectificar la unión durante los primeros 10 segundos.

Fórmula especial de alta resistencia a la temperatura, impactos, vibraciones y la humedad.

Muy polivalente: une perfectamente todo tipo de materiales excepto polietileno, polipropileno y teflón.

Posee una fórmula gel para rellenar pequeñas irregularidades.



Características

Resistencia a cizalla: 280 kg/cm² (probetas de Aluminio, 24 horas, 23°C).

Tiempo de endurecimiento:

Material	Segundos
Aluminio	50
Plástico ABS	8
Elastómero EPDM	10
Madera pino	40

Resistencia térmica: -40 a +95°C

Resistencia al agua: Resistente al contacto esporádico con agua fría o caliente.

Propiedades físicas:

Color – opaco

Flash point – 85°C

Viscosidad 25°C – 2500 mPa.s

Densidad a 20°C – 1,06 g/cm³

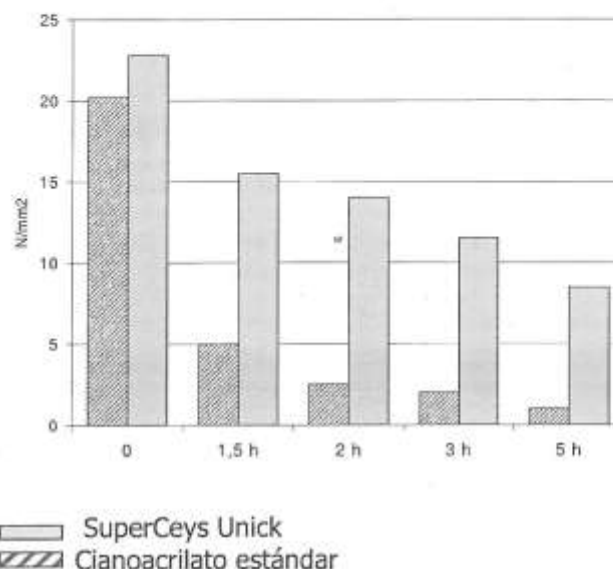
FICHA TÉCNICA

Edición: 11/1/06

Últ. revisión: 30/6/08



Tabla comparativa de evolución de Resistencia a cizalla a 150°C vs. cianoacrilato standard



Aplicaciones

Adhesivo instantáneo de ámbito doméstico general, apto para la mayoría de materiales del hogar siendo poco aconsejable para cristales ya que el adhesivo deja un residuo de color blanquecino que compromete la transparencia del cristal.

Modo de Empleo

- Limpiar las superficies con alcohol o limpiadores que no contengan siliconas (no aptos los productos limpia-hogar utilizados para limpiar y abrillantar). Eliminar el polvo o cualquier partícula que pueda comprometer la unión.
- Aplicar una pequeña cantidad de adhesivo y mantener presión hasta que las piezas queden fijadas.

Disolución y limpieza

Utilizar disolventes específicos para adhesivos instantáneos o acetona.

Almacenaje

Caducidad: 12 meses, conservado entre 10°C y 25°C, en su envase original y protegido de la luz solar o la humedad



FICHA TÉCNICA

Edición: 11/1/06

Últ.revisión: 30/6/08



Seguridad

Irritante. Evitar el contacto con ojos, piel o párpados. No respirar los vapores.

Garantizamos las propiedades uniformes de nuestros productos en todos los suministros. Las recomendaciones y los datos publicados en esta hoja técnica se basan en nuestro conocimiento actual y rigurosos ensayos de laboratorio. Debido a las múltiples variaciones en los materiales y en las condiciones de cada proyecto, rogamos a nuestros clientes que efectúen sus propios ensayos de utilidad bajo las condiciones de trabajo previstas y siguiendo nuestras instrucciones generales. Con esto se evitan posteriores perjuicios, cuyas consecuencias serían ajenas a la empresa. Los datos indicados en esta Hoja Técnica no deben ser considerados nunca como una especificación de las propiedades del producto.



LOCTITE

Technical Data Sheet

LOCTITE® 270™

(Hoja de datos Técnicos para la Nueva Formulación de Loctite® 270™) Diciembre 2013

Descripción del producto

proporciona las siguientes características:

Tecnología	Acrílico	
Tipo químico	Dimetacrilato éster	
Apariencia (sin curar)	Líquido Verde ^{MS}	
Fluorescencia	Positivo a la luz UV ^{MS}	
Componentes	Monocomponente-No mezclado	requiere
Viscosidad	Baja	
Curado	Anaeróbico	
Curado secundario	Activador	
Aplicación	Fijador de roscas	
Resistencia	Alta	

LOCTITE® 270™ está diseñado para fijar y sellar componentes roscados, que requieren ser desensamblados con herramientas manuales. El producto cura en ausencia de aire, una vez selladas y ajustadas las superficies metálicas; evitando el aflojamiento y las fugas producidas por impactos y/o vibraciones.

Especialmente adecuado para aplicaciones sobre sustratos poco activos, tales como acero inoxidable y superficies revestidas, donde es necesario el desensamble con herramientas manuales. La naturaleza tixotrópica del LOCTITE® 270™ reduce el escurrimiento del producto líquido después de la aplicación sobre el sustrato.

NSF International

Registrado para NSF Categoría P1. Para uso como sellador, cuando no hay posibilidad del contacto con alimentos en las áreas de procesamiento de alimentos. Nota: Esta es una aprobación regional. Por favor contacte a su Centro de Servicio Técnico Local para mayor información o aclaración.

PROPIEDADES TÍPICAS DEL MATERIAL SIN CURAR

Peso específico @ 25 °C 1.1

Viscosidad, Brookfield - RVT, 25 °C, mPa·s (cP):
Spindle 2, Velocidad 20 rpm 400 a 600^{MS}

Viscosidad, Cono y Plato, 25 °C, mPa·s (cP):
Cono C60/1°Ti @ Velocidad de Rotación 129 s⁻¹ 450

Punto de inflamabilidad (Flash-point)- Consultar la Hoja de Seguridad del producto.

CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE CURADO

Velocidad de curado vs sustrato

La velocidad de curado depende del sustrato utilizado. La gráfica siguiente muestra la resistencia a la ruptura desarrollada con el tiempo, en M10 Tuercas y tornillos de acero, comparada con diferentes materiales y ensayada de acuerdo a la norma ISO 10964.



Velocidad de Curado vs. Holgura de pegado La velocidad de curado depende de la holgura de pegado. La holgura en las piezas roscadas depende del tipo, calidad y tamaño de rosca. La gráfica siguiente muestra la resistencia al corte desarrollada con el tiempo en perno y collarín de acero a diferentes holguras controladas y probadas de acuerdo a la norma ISO 10123.



TDS LOCTITE® 270™, Diciembre 2013

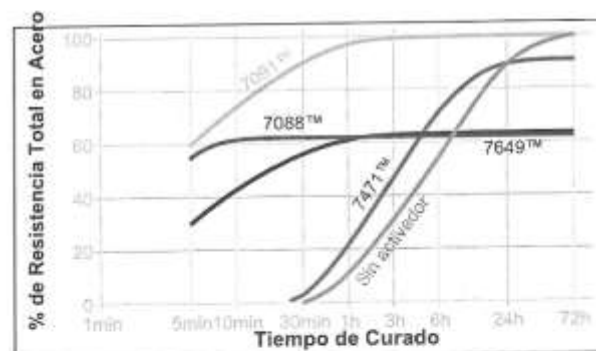
Velocidad de curado vs. Temperatura

La velocidad de curado depende de la temperatura. La gráfica siguiente muestra la resistencia a la ruptura desarrollada con el tiempo, a diferentes temperaturas, en M10 Tuercas y tornillos de acero y probada de acuerdo a la norma ISO 10964.



Velocidad de Curado vs. Activador

Cuando el curado es excesivamente lento, o en caso de grandes holguras, la aplicación de un activador sobre la superficie, acelerará el curado. La gráfica siguiente muestra la resistencia a la ruptura desarrollada con el tiempo en M10 tuercas y tornillos de acero recubiertas de zinc dicromado usando Activador 7471™, 7649™, 7088™ y 7091™ probados según la norma ISO 10964.



COMPORTAMIENTO DEL MATERIAL CURADO

Propiedades del adhesivo

Curado durante 24 horas @ 22 °C

Torque de Rompimiento, ISO 10964, No asentado:

Tornillos y tuercas de acero M10	N-m	33
	(lb.in.)	(290)
Tuercas y tornillos de acero M6	N-m	5
	(lb.in.)	(45)
Tuercas y tornillos de acero M16	N-m	90
	(lb.in.)	(800)
Tuercas de acero (grado 2) y Tornillos (grado 5) de 3/8" x 16	N-m	31
	(lb.in.)	(275)

Torque Remanente @ 180°, ISO 10964, No asentado:

Tornillos y tuercas de acero M10	N-m	33
	(lb.in.)	(290)
Tuercas y tornillos de acero M6	N-m	3
	(lb.in.)	(26)
Tuercas y tornillos de acero M16	N-m	125
	(lb.in.)	(1,100)
Tuercas de acero (grado 2) y Tornillos (grado 5) de 3/8" x 16	N-m	33
	(lb.in.)	(290)

Torque de Rompimiento, ISO 10964, Torque previo de 5 N-m:

Tornillos y tuercas de acero M10	N-m	39
	(lb.in.)	(345)
Tuercas de acero (grado 2) y Tornillos (grado 5) de 3/8" x 16	N-m	35
	(lb.in.)	(310)

Torque Remanente @ 180°, ISO 10964, Torque previo de 5 N-m:

Tornillos y tuercas de acero M10	N-m	25
	(lb.in.)	(220)
Tuercas de acero (grado 2) y Tornillos (grado 5) de 3/8" x 16	N-m	31
	(lb.in.)	(275)

Resistencia a la Compresión, ISO 10123:

Perno y collarín de acero	N/mm²	≥9,0 ^{MS}
	(psi)	(≥1,305)

Curado por 1 semana @ 22°C,

Torque de Rompimiento, ISO 10964, Torque previo de 5 N-m:

Tornillos y tuercas de zinc fosfatado M10	N-m	46
	(lb.in.)	(400)
Tuercas y tornillos de acero inoxidable M10	N-m	30
	(lb.in.)	(265)

RESISTENCIA TIPICA AL MEDIO AMBIENTE

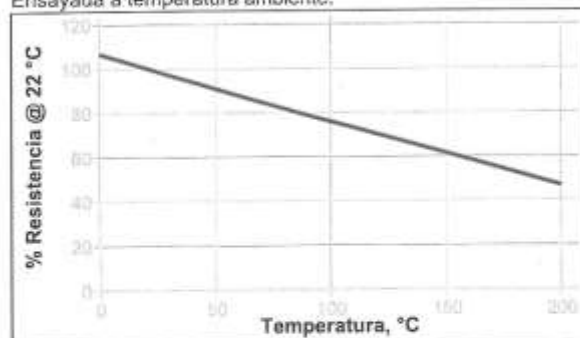
Curado durante 1 semana @ 22 °C

Torque de Aflojamiento, ISO 10964, Torque previo de 5 N-m:

Tuercas y tornillos de acero recubierto con zinc fosfatado M10

Resistencia térmica.

Ensayada a temperatura ambiente.





TDS LOCTITE® 270™, Diciembre 2013

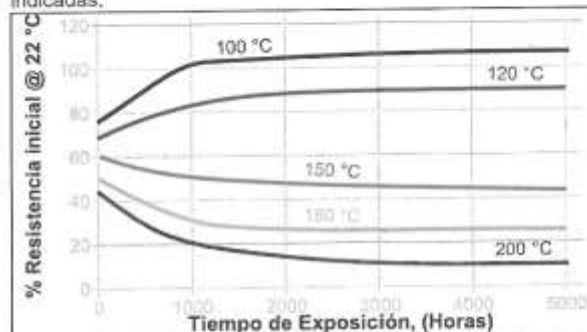
Envejecimiento a Temperatura

Envejecido a la temperatura indicada y ensayado a 22°C.



Envejecimiento con Temperatura/ Resistencia al calor

Envejecido y ensayadas bajo las condiciones de temperatura indicadas.



Resistencia Química/ Solventes

Envejecido bajo las condiciones indicadas y ensayado a @ 22 °C.

Ambiente	°C	% de Resistencia Inicial		
		500 h	1000 h	5000 h
Aceite de motor	125	65	75	75
Gasolina sin plomo	22	90	95	95
Líquido de frenos.	22	105	105	100
Agua/Glicol 50/50	87	75	85	90
Acetona	22	95	95	100
Etanol	22	95	95	95
E85 Etanol Combustible	22	95	95	95
B100 Bio-Diesel	22	100	100	110

Torque de Aflojamiento, ISO 10964, Torque previo de 5 N·m:
M10 Tornillos y tuercas de acero inoxidable

Ambiente	°C	% de Resistencia Inicial		
		500 h	1000 h	5000 h
Hidróxido de sodio, 20%	22	75	65	55
Ácido fosfórico, 10%	22	100	95	65

INFORMACIÓN GENERAL

Este producto no está recomendado para uso con oxígeno puro y/o sistemas enriquecidos con oxígeno y no debe ser seleccionado como sellador para cloro u otro agente fuertemente oxidante.

Para información sobre el manejo seguro de este producto, consulte la Hoja de Seguridad del Material (MSDS).

Cuando se utilicen métodos de limpieza de superficie acuosos antes del ensamble, es importante checar la compatibilidad de la solución con el adhesivo. Algunas de las soluciones acuosas pueden afectar el curado y desempeño del adhesivo.

Este producto no es recomendado para su uso en plásticos (particularmente termoplásticos ya que pueden dañarlos). Se recomienda a los usuarios confirmar la compatibilidad del producto con los sustratos.

Modo de empleo:

Para ensamble:

1. Para obtener mejores resultados, limpie todas las superficies (externas e internas) con un solvente de limpieza LOCTITE® y deje secar.
2. Si la velocidad de curado es muy baja, use un activador apropiado. Por favor consulte como referencia la gráfica de Velocidad de Curado vs Activador. Permita que el activador seque antes de aplicar el producto.
3. Para evitar que el producto obstruya la boquilla, no permita que la punta toque las superficies metálicas durante la aplicación.
4. **Para Orificios Pasantes**, aplicar unas gotas de producto en el tornillo y en el área de la tuerca.
5. **Para Orificios Ciegos**, aplique unas gotas del producto en el tercio inferior de la rosca interna o el fondo del agujero ciego.
6. **Para aplicaciones de sellado**, aplique el producto a las cuerdas principales de la conexión macho cubriendo un ángulo de 360°, dejando las primeras cuerdas libres. Forzar el material en las roscas a fin de llenar a fondo los huecos. En caso de roscas o huecos grandes, ajustar la cantidad de producto consecuentemente, y aplicar también unas gotas de producto, cubriendo un ángulo de 360° en las cuerdas de la rosca hembra.
7. Ensamblar y apretar de forma habitual.

Para el desmontaje

1. Remover con herramientas manuales.
2. En extrañas ocasiones, donde no funcionan las herramientas manuales, debido al excesivo longitud de contacto, calentar localmente la tuerca o el tornillo hasta, aproximadamente 250 ° C. Desmontar mientras esta caliente.
3. Aplicar calor localizado al ensamble a aproximadamente 250 °C. Desmontar mientras esté caliente.

Para la limpieza

1. El producto curado puede ser removido con una combinación de inmersión en solvente y con abrasión

Henkel Loctite Americas
+860.571.5100

Henkel Loctite Europa
+49.89.9268.0

Henkel Loctite Asia Pacifico
+81.45.758.1810

Para acceso directo al dpto. comercial y servicio técnico locales, visite: www.loctite.com

mecánica, por ejemplo con un cepillo de alambre.

Especificación de Material Loctite LMS

LMS fechada el Junio 26, 2009. Los informes de ensayo para cada lote están disponibles para las propiedades indicadas. Los informes de ensayo LMS incluyen los parámetros de control de calidad seleccionados que se consideran apropiados a las especificaciones de uso del cliente. Además, las condiciones de laboratorio son controladas para asegurar la calidad y consistencia del producto. Los requisitos de las especificaciones del cliente pueden ser coordinada a través de Henkel de calidad.

Almacenamiento

Almacenar el producto en su envase, cerrado y en lugar seco. La información sobre el almacenamiento puede estar indicada en el etiquetado del envase del producto. Almacenamiento óptimo: 8 °C a 21 °C. El almacenamiento a temperatura inferior a 8 °C o superior a 28 °C puede afectar negativamente a las propiedades del producto. El material que se extraiga del envase puede resultar contaminado durante su uso. No retomar el producto sobrante al envase original. Henkel Corporation no puede asumir ninguna responsabilidad por el producto que haya sido contaminado o almacenado en otras condiciones distintas a las previamente indicadas. Si se necesita información adicional, por favor contactar.

Conversiones

(°C x 1.8) + 32 = °F
kV/mm x 25.4 = V/mil
mm / 25.4 = pulgadas
µm / 25.4 = mil
N x 0.225 = lb
N/mm x 5.71 = lb/in
N/mm² x 145 = psi
MPa x 145 = psi
N·m x 8.851 = lb-in
N·m x 0.738 = lb-ft
N·mm x 0.142 = oz-in
mPa·s = cP

Exoneración de responsabilidad

Nota:

La información proporcionada en esta Hoja de Datos Técnicos (HDT), incluyendo las recomendaciones de uso y aplicación del producto, se basan en nuestro conocimiento y experiencia con el producto a la fecha de elaboración de esta HDT. El producto puede tener una gran variedad de aplicaciones y diferentes condiciones de trabajo y aplicación de acuerdo al medio en que se encuentre, las cuales se encuentran fuera de nuestro control. Por lo tanto, Henkel no será responsable de la idoneidad de nuestro producto en sus procesos y condiciones de producción para el cual se utilice, ni de las aplicaciones o resultados que se esperen del mismo. Recomendamos que lleve a cabo sus propias pruebas para confirmar el funcionamiento de nuestro producto.

Se excluye cualquier responsabilidad sobre la información en la Hoja de Datos Técnicos o en cualquier otra recomendación oral o escrita relativa al producto en cuestión, excepto en los casos en que así se haya acordado expresamente o en caso de muerte o lesiones causados por nuestra negligencia o cualquier otra responsabilidad derivada de las leyes aplicables en materia de productos defectuosos.

En caso de los productos entregados por Henkel Belgium NV, Henkel Electronic Materials NV, Henkel Nederland BV, Henkel Technologies France SAS and Henkel France SA favor de tener en cuenta lo siguiente:

No obstante, en caso de que Henkel resultase responsable, sean cualesquiera los motivos. La responsabilidad no podrá superar en ningún caso el costo de la entrega correspondiente.

En caso de los productos entregados por Henkel Colombiana, S.A.S. tomar en cuenta la siguiente información:

La información proporcionada en esta Hoja de Datos Técnicos (HDT), incluyendo las recomendaciones de uso y aplicación del producto, se basan en nuestro conocimiento y experiencia con el producto a la fecha de elaboración de esta HDT. Por lo tanto, Henkel no será responsable de la idoneidad de nuestro producto en sus procesos y condiciones de producción para el cual se utilice, ni de las aplicaciones o resultados que se esperen del mismo. Recomendamos que lleve a cabo sus propias pruebas para confirmar el funcionamiento de nuestro producto.

Se excluye cualquier responsabilidad sobre la información en la Hoja de Datos Técnicos o en cualquier otra recomendación oral o escrita relativa al producto en cuestión, excepto en los casos en que así se haya acordado expresamente o en caso de muerte o lesiones causados por nuestra negligencia o cualquier otra responsabilidad derivada de las leyes aplicables en materia de productos defectuosos.

En caso de que los productos sean entregados por Henkel Corporation, Resin Technology Group, Inc., o Henkel Canada, Inc. tener en cuenta la siguiente información:

Los datos aquí contenidos se facilitan sólo para información, y se consideran fiables. No se pueden asumir responsabilidades de los resultados obtenidos por otros sobre cuyos métodos no se tiene control alguno. Es responsabilidad del usuario determinar la aptitud de los métodos de producción aquí mencionados para sus propios fines, y adoptar las precauciones que sean recomendables para proteger a toda persona o propiedad de los riesgos que pueda entrañar la manipulación y utilización de los productos. A la vista de lo anterior, Henkel Corporation declina específicamente todas las garantías explícitas o implícitas, incluyendo garantías de comercialización o instalación para un propósito en particular, producidas por la venta o uso de productos de Henkel Corporation. Henkel Corporation declina específicamente cualquier responsabilidad por daños de cualquier tipo, incidentales o derivados como consecuencia del uso de los productos, incluyendo la pérdida de ganancias.

La exposición aquí ofrecida sobre procesos o composiciones, no debe interpretarse como una afirmación de que estos estén libres de patentes que obran en poder de otras firmas, o que son licencias de Henkel Corporation, que pueden cubrir dichos procesos o composiciones. Se recomienda a cada posible usuario que pruebe la aplicación propuesta antes de su utilización habitual, empleando estos datos como guía. Este producto puede estar cubierto por una o varias patentes estadounidenses o de otras nacionalidades, o por solicitudes.

Uso de la marca registrada

A no ser que se indique lo contrario, todas las marcas registradas de este documento son marcas de Henkel Corporation en EE.UU. y en cualquier otro lugar. ® indica una marca registrada en la oficina de patentes y marcas de EE.UU.

Referencia 0.2

Henkel Loctite Americas
+860.571.5100

Henkel Loctite Europa
+49.89.9268.0

Henkel Loctite Asia Pacifico
+81.45.758.1810

Para acceso directo al dpto. comercial y servicio técnico locales, visite: www.loctite.com



FICHA TÉCNICA DE PRODUCTO

Araldit[®] Standard

Marca registrada de CIBA SPECIALITY CHEMICALS HOLDING INC.

Adhesivo estructural altos esfuerzos mecánicos

Descripción.

Araldit Standard es un adhesivo epoxídico de dos componentes en base a una resina epoxi modificada formulada a partir de Bisfenol A que utiliza como endurecedor una poliaminoamida modificada mediante aminas terciarias.

Aplicaciones.

Pegado de todo tipo de materiales como metal, cerámica, madera, caucho vulcanizado, plásticos rígidos, expandibles... Las uniones pueden efectuarse entre materiales de igual o distinta naturaleza.

Resiste golpes y vibraciones pudiendo utilizarse tanto para reparaciones domésticas como en aplicaciones industriales.

Ideal para el montado de filtros industriales, maquinaria eléctrica, trabajos de mantenimiento industrial, pegado de mármol o piedra natural, paneles sandwich...

Modo de empleo.

Preparación de superficies.

1. Las superficies a pegar deben encontrarse libres de polvo o grasa y secas. En la mayor parte de los casos se pueden limpiar con facilidad con un trapo humedecido en acetona u otro disolvente de grasas. No siendo recomendable el alcohol o los diluyentes para barniz.
2. En metales o plásticos y siempre que sea posible, un proceso de pretratamiento mecánico, mediante "lijado" o "gravillonado", o un decapado químico mejora considerablemente la fuerza de adhesión.

Aplicación.

Después de una mezcla íntima de los dos componentes, aplicar el adhesivo con la ayuda de la espátula en forma de una fina capa sobre una de las superficies a encolar. Una mayor cantidad de adhesivo no mejora la resistencia de la unión.

Una vez aplicado el adhesivo se colocan las piezas en su posición definitiva, asegurándonos de que exista un buen contacto entre ambas superficies. Un contacto uniforme y sin movimientos durante el proceso de endurecimiento nos garantiza un proceso de adherencia impecable.

Para facilitar la mezcla y la aplicación del adhesivo, el mismo se encuentra

Departamento Técnico Ceys S.A.

disponible en cartuchos de 50, 200 y 400 ml. Estos van provistos de cánula mezcladora y se aplican mediante pistola, que puede ser neumática para los formatos grandes.

Las ventajas principales de la aplicación desde cartuchos son la garantía de mezcla perfecta, evitando posibles problemas de endurecimiento, y la limpieza de la aplicación. La cánula mezcladora está terminada en forma de boquilla lo que nos permite realizar aplicaciones tanto en línea como por puntos con gran facilidad (incluso "gota a gota").

Si efectuamos un análisis de rendimientos, la merma de producto al no tener que premezclarlo para realizar la aplicación veremos que también es inferior.

Disolución y limpieza.

Este material se comercializa listo para su uso no recomendándose en ningún caso su dilución o manipulación.

Para la limpieza de los utensilios utilizados en la aplicación del adhesivo se recomienda proceder a la misma antes de la solidificación de la resina mediante agua caliente y jabón líquido. Una vez endurecido el producto su limpieza es muy difícil siendo posible utilizando una combinación de disolventes, como acetona, y procedimientos mecánicos.

Una vez utilizado el producto lavarse las manos con abundante agua y jabón.

Características Técnicas

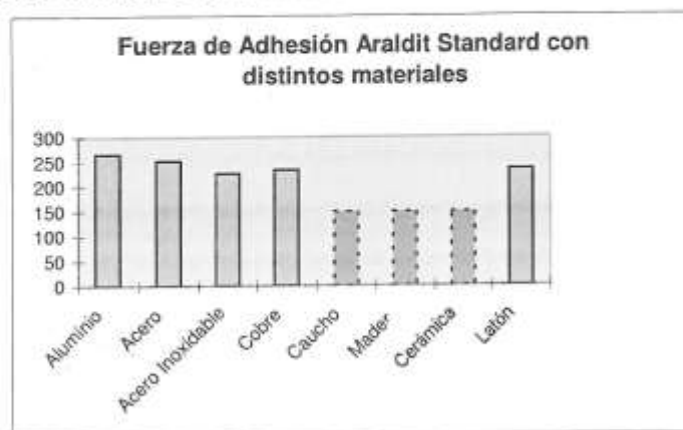
- **Color:** Amarillo pálido.
- **Densidad:** Aprox.: 1,05 g/cm³
- **Relación de mezcla:** 1 A : 1 B
- **Tiempo de utilización:** 30 minutos (60 °C)

Tiempo de endurecimiento

	10 °C	15 °C	23 °C	40 °C	60 °C	100 °C
hasta manipulación	24 hr	12 hr	7 hr	2 hr	30'	6'
hasta curado total	36 hr	18 hr	10 hr	3 hr	45'	7'

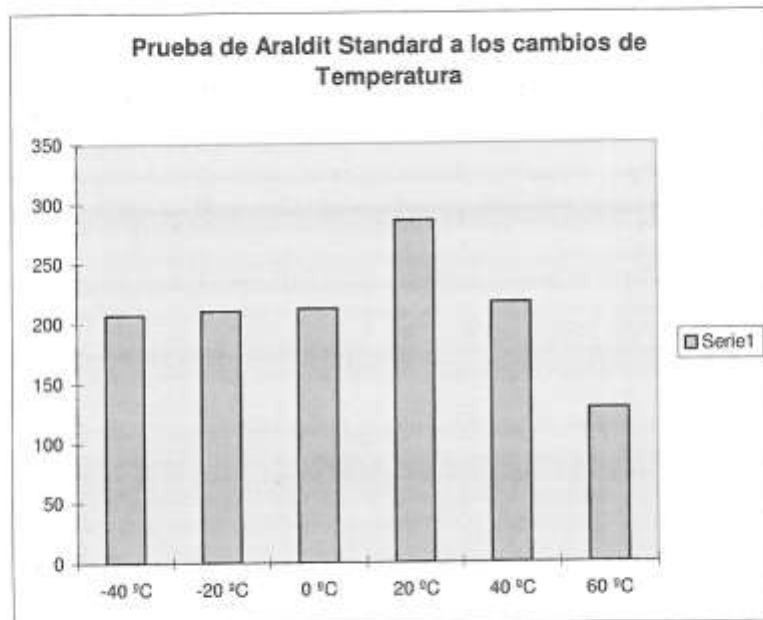
Fuerza de adhesión

Sobre distintos materiales



Rotura del soporte
Fuerza de adhesión de cizalladura. Norma ISO 53283. Tiempo de endurecimiento: 16 horas a 40 °C.

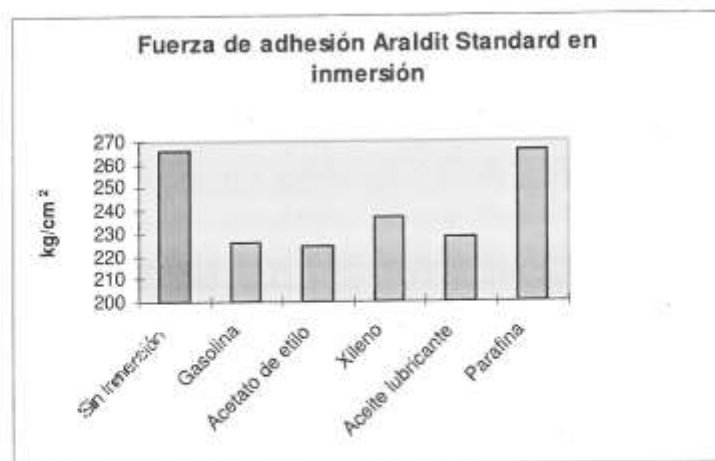
Frente a la temperatura



Ensayo Norma ISO 53283. Tiempo de endurecimiento: 24 horas a 23 °C y ½ hr a 80 °C

Resistencia en inmersión

Se sumergen las probetas en distintos medios durante un plazo de 90 días a 23 °C y se efectúa una rotura a cizalla hasta que el adhesivo cede. Se realiza un estudio comparativo sobre una muestra patrón sin sumergir.





Ensayo. Tiempo de endurecimiento: 16 horas a 40 °C Inmersión 90 días a 23 °C en cada medio

Resistencia a la vibración (DIN 53285)

Sobre una carga estática de 163 kg/cm² con una variación del 15 % en la misma se obtuvo una resistencia de 10 millones de ciclos.

Almacenaje.

En condiciones normales de almacenamiento y en su envase original la vida del producto es superior a 3 años.

Precauciones adicionales.

Este producto está reglamentado para su comercialización según la legislación vigente, RD 365/95, debiendo constar en su etiquetado las siguiente frases:

Resina - Contiene resina epoxi basada en Bisfenol A.
- Pictograma de irritante.

- R 36/38 Irrita los ojos y la piel.
- R 42/43 Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.
- S 2 **Mantener fuera del alcance de los niños.**

Consejos de seguridad:

- S 28 En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con agua y jabón.
- S 37/39 Use guantes adecuados y protección para los ojos y la cara.

Endurecedor - Contiene n(3-dimetilaminopropil)-1,3-propilendiamina.
- Pictograma de irritante.

- R 36/38 Irrita los ojos y la piel.
- R 42/43 Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.
- S 2 **Mantener fuera del alcance de los niños.**

Consejos de seguridad:

- S 28 En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con agua y jabón.
- S 26 En caso de contacto con los ojos, lávenlos inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.

Presentación.

- Tubos de 32 g.
- Cartuchos de 50, 200 y 400 ml.
- Bote de 500 y 1.000 g.

3M

Scotch-Weld™ SC6152

Sellador de Silicona

Hoja de Datos Técnicos

Edición: Mayo 2010
Anula: Octubre 2009

Descripción del Producto

Silicona monocomponente de naturaleza acetoxi que cura a temperatura ambiente por reacción química con la humedad. Posee una alta resistencia al calor. Diseñada para aplicaciones de sellado y formación de juntas.

**Características Físicas –
Producto no curado**
(no válidas como
especificación)

Naturaleza química	Silicona de tipo acetoxi
Color	Incoloro translúcido
Viscosidad	Pasta tixotrópica
Densidad	1,06 g/cm ³

Características Técnicas
(no válidas como
especificación)

Curado	Formación de piel: 30 min (25 °C, 50% H.R.) Velocidad de curado = 2 mm/día
Espesor máximo de cordón	6 mm
Dureza (Shore A)	29
Elongación a rotura	400%
Capacidad de movimiento de la junta	± 25%
Temperatura de servicio	-50 °C a +260 °C (en continuo) -50 °C a +300 °C (intermitente)



Instrucciones de Uso	Para obtener los mejores resultados, compruebe que las piezas están limpias, secas y sin aceite o grasa. Se recomienda aplicar el producto a temperaturas de entre 15 °C y 40 °C.
Condiciones de Almacenaje	<p>Conserve el producto en un lugar fresco y alejado de la luz directa del sol.</p> <p>La vida en almacén del producto en su envase original sin abrir es de 12 meses a partir de la fecha de envío por parte de 3M si se almacena en lugar seco a 15 °C – 25 °C.</p>
Instrucciones de Seguridad e Higiene	Consulte la Ficha de Datos de Seguridad del producto. Si desea más información, póngase en contacto con su Oficina 3M local.
Aviso Importante	Los datos técnicos y, en general, la información aquí contenida están basados en ensayos considerados fiables, si bien no se garantiza su exactitud o alcance en cualquier situación práctica. Antes de utilizar el producto, el usuario debe determinar si éste es o no adecuado para el uso al que se destina, asumiendo todo el riesgo y la responsabilidad que puedan derivarse de su empleo. La única obligación del vendedor consiste en reponer al comprador la cantidad de producto que se demuestre defectuosa.



Departamento de Cintas y Adhesivos
3M España, S.A.
Juan Ignacio Luca de Tena, 19-25
28027 Madrid